

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT ÇOK KATLI YAPININ STATİK İTME
(PUSHOVER) YÖNTEMİ İLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Ali BOZAN

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Zeki ÖZYURT

Ağustos 2008

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT ÇOK KATLI YAPININ STATİK İTME
(PUSHOVER) YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Ali BOZAN

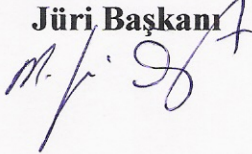
Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 22 / 08 /2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

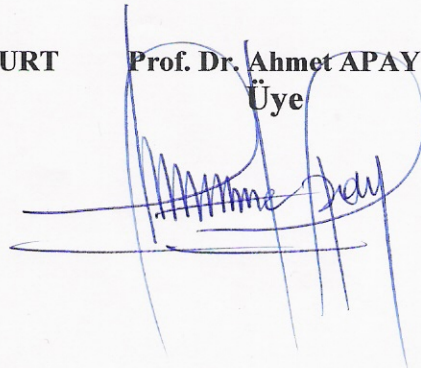
Yrd. Doç. Dr. M. Zeki ÖZYURT

Jüri Başkanı



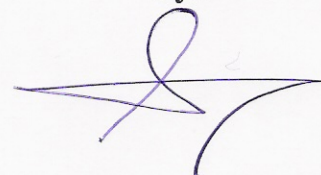
Prof. Dr. Ahmet APAY

Üye



Prof. Adil ALTUNDAL

Üye



TEŞEKKÜR

Tez çalıŐmalarım sũresi boyunca bana her tũrlũ desteği veren danıŐman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr.M.Zeki ÖZYURT 'a minnet ve Őukranlarımı sunarım.

ÇalıŐmalarım esnasında bana yardımcı olmaya çalıŐan bũtũn arkadaŐlarım, projemin ilerlemesinde bũyũk yardımı olan değerli arkadaŐım İnş. Mũh. Cemil Őzcan'a teŐekkũrũ bir borç bilirim. Verdikleri maddi ve manevi destekten dolayı saygıdeğer aileme de teŐekkũr ederim.

Ali BOZAN

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Konu İle İlgili Çalışmalar.....	2
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	3
BÖLÜM 2.	
YAPILAR ÜZERİNDE DEPREM ETKİSİ.....	5
2.1. Giriş.....	5
2.2. Temel İlkeler.....	5
2.3. Deprem Etkisi Altında Davranış.....	6
2.4. Taşıyıcı Sistem Özelliklerinin Deprem Davranışına Etkileri.....	8
2.4.1. Geometri.....	8
2.4.2. Süreklilik.....	8
2.4.3. Süneklik.....	8
2.4.4. Rijitlik.....	9

BÖLÜM 3.

PERFORMANSA DAYALI YAPI TASARIMI.....	10
3.1. Giriş.....	10
3.2. Performans Amaçları.....	10
3.3. Taşıyıcı Eleman Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	11
3.3.1. Hemen kullanım hasar sınırı (fully operational).....	12
3.3.2. Can güvenliği sınır durumu (life safety).....	12
3.3.3. Göçmenin önlenmesi sınır durumu (near collapse).....	13
3.3.4. Göçme durumu sınır durumu (collapse).....	14
3.4. Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri.....	15
3.4.1. Sınırlı bilgi düzeyi.....	16
3.4.2. Orta bilgi düzeyi.....	16
3.4.3. Kapsamlı bilgi düzeyi.....	16
3.5. Deprem Hareketi.....	16
3.5.1. Servis (kullanım) depremi.....	17
3.5.2. Tasarım depremi.....	17
3.5.3. En büyük deprem.....	17
3.6. Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri.....	18
3.7. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması.....	19

BÖLÜM 4.

DEPREM PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	21
4.1. Giriş.....	21
4.2. Doğrusal Elastik Yöntemler	22
4.2.1. Yeni binaların doğrusal elastik yöntemle performansının belirlenmesi.....	22
4.2.2. Mevcut binaların doğrusal elastik yöntemle performansını belirlenmesi.....	23
4.2.3. Yapı elemanlarının performans değerlendirilmesi.....	24

4.3. Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler.....	26
4.3.1. Performans değerlendirilmesinde izlenecek yol.....	27
4.3.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	28
4.3.3. Hedef tepe yerdeğiştirmesinin bulunması.....	30
4.4. Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Bulunması.....	34
4.5. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri.....	35
4.5.1. Kesit minimum hasar sınırı.....	35
4.5.2. Kesit güvenlik hasar sınırı.....	35
4.5.3. Kesit göçme hasar sınırı.....	35
BÖLÜM 5.	
SAYISAL UYGULAMA.....	36
5.1. Giriş.....	36
5.2. Genel Bilgiler.....	37
5.3. Sayısal Çözümler	41
BÖLÜM 6.	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR.....	58
ÖZGEÇMİŞ.....	60

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

I	: Bina önem katsayısı
μ	: Süneklik oranı
R	: Yapı davranış katsayısı
ZEN	: Deprem katsayısı
T	: Periyod
T_0	: Elastik spektrumun bir karakteristik periyodu
Sa	: Spektral ivme
Sd	: Spektral yer değiştirme
$\Delta_{\text{çatı}}$: Çatı deplasmanı
g	: Yer çekim ivmesi
L_p	: Plastik mafsal boyu
Φ_p	: Plastik eğrilik istemi
Φ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
Φ_t	: Toplam eğrilik istemi
Φ_{i1}	: i. seviyedeki modun şekli
α_1	: Birinci doğal mod için modal kütle katsayısı
A(T)	: Spektral ivme katsayısı
A_0	: Etkin yer ivme katsayısı
S(T)	: Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$: Elastik spektral ivme
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
r	: Etki / kapasite oranı
f_{ctm}	: Betonun çekme dayanımı
ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ'	: Basınç donatısı oranı
A_c	: Brüt beton alanı

f_c	: Beton basınç dayanımı
V_e	: Kolon, kiriş ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
V_r	: Kolon, kiriş ve perde kesitinin kesme dayanımı
M_n	: n. doğal titreşim moduna ait modal kütle
V_{x1}	: x deprem doğrultusunda birinci moda ait taban kesme kuvveti
U_{xN1}	: Binanın tepesinde x doğrultusunda birinci moda ait yerdeğiştirme
ϕ_{xN1}	: Binanın tepesinde x doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
Γ	: Katkı çarpanı
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
S_{de1}	: İtme analizinde birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme
S_{ae1}	: İtme analizinde birinci moda ait doğrusal elastik spektral ivme
w	: Açısal ivme
ϵ_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme
ϵ_s	: Donatı çeliği birim şekil değiştirme
ϵ_{su}	: Sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirme

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Bina Performans Düzeyleri ve Hasar Bölgeleri.....	15
Şekil 3.2.	DBYBHY İvme Spektrumu.....	20
Şekil 4.1.	Taban Kesme Kuvvet – Çatı Deplasmanı (Pushover Eğrisi).....	28
Şekil 4.2.	Modal Kapasite Diyagramı.....	29
Şekil 4.3.	$T_1^{(1)} \geq T_B$ olması durumunda nonlinear spektral yerdeğişmenin elde edilişi.....	31
Şekil 4.4.	$T_1^{(1)} < T_B$ olması durumunda nonlinear spektral yerdeğişmenin elde edilişi.....	33
Şekil 5.1.	Mevcut yapıya ait Bodrum kat planı.....	38
Şekil 5.2.	Mevcut yapıya ait Normal kat planları.....	39
Şekil 5.3.	Mevcut yapıya ait 3 boyutlu görünüşü.....	40
Şekil 5.4.	B+3 katlı yapının Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi).....	42
Şekil 5.5.	Mevcut kesit, mevcut malzeme özellikleri ve mevcut donatılı yapının 2007 TDY göre yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri.....	44
Şekil 5.6.	B+3 katlı yapının Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi).....	45
Şekil 5.7.	2007 TDY göre yeniden boyutlandırılan yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri.....	47
Şekil 5.8.	B+2 katlı yapının Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi).....	48
Şekil 5.9.	B+2 katlı yapının 2007 TDY göre yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri.....	50

Şekil 5.10	B+3 katlı yapının 2007 TDY göre perdeler ile güçlendirilmiş yapının Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi).....	51
Şekil 5.11	2007 TDY göre perdeler ile güçlendirilmiş yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri.....	53
Şekil 5.12	2007 TDY göre perdeler ile güçlendirilmiş binanın planı.....	54

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1.	Binalar İçin Hedeflenen Minimum Performans Düzeyleri.....	17
Tablo 3.2.	Spektrum Karakteristik Periyotları.....	18
Tablo 3.3.	Etkin Yer İvme Katsayısı.....	18
Tablo 3.4.	Bina Önem Katsayısı.....	19
Tablo 4.1.	Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	23
Tablo 4.2.	Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	24
Tablo 4.3.	Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	24

ÖZET

Anahtar kelimeler: Pushover Analiz, Kapasite Eğrisi, Kapasite Spektrumu, Nonlineer Statik Analiz, Performans Metodu, Statik İtme Yöntemi

Bu çalışmada, betonarme yapı sistemlerinde gerçeğe daha yakın bir sonuç veren ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden olan statik-itme (Pushover) analizi anlatılmıştır. Bu yöntem kullanılarak yapıların deprem karşısındaki davranışları değerlendirilmiş, deprem güvenliğinin tahkiki ve deprem güvenliği yetersiz olan yapıların güçlendirilmesi konuları hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca “Statik İtme Yöntemi” kullanılarak mevcut bir betonarme yapının deprem güvenliği tahkik edilmiştir.

Altı bölüm halinde sunulmuş olan bu çalışmanın, birinci bölümünde çalışmanın amacı, konunun tanıtılması ve konunun önemi vurgulanmıştır.

İkinci,üçüncü ve dördüncü bölümlerde yapıların üzerinde deprem etkisinin nasıl olduğu, performansa dayalı yapı tasarımının nasıl yapılabileceği, DBYBHY-2007 yönetmeliğinde belirtilen deprem performansı hesaplama yöntemleri kısaca tanıtılmış ve depremde yapının performansının nasıl hesap edileceği hakkında bilgiler verilmiştir

Beşinci bölümde İdeCad 5 Enterprise 5.510 analiz programı yardımıyla bodrum üstü 3 katlı mevcut bir yapının 2007 TDY göre ayrı ayrı analizi yapılmıştır.

Son bölümde analiz sonuçları için genel bir değerlendirme yapılmıştır.

THE ANALYSES OF THE STRUCTURES WITH THE USE OF STATIC PUSHOVER METHOD

SUMMARY

Keywords : Pushover analyse, capacity curve, capacity spectrum, nonlinear static analyse, performance method, static pushover method

In this research, the pushover analyse, in the concrete structural systems resulting in more realistic analyses and in nonlinear analyse methods has been examined. By using this method, the behaviour of the buildings against the earthquake forces has been considered, the quake safety verification and the reinforcement of the buildings which show unsafety from the point of view of resistance against the quake forces has been explained. Although by using “static pushover analyse”, the verification of the resistance against the earthquake forces of the present building has been done and its reinforced situation’s performance results has been considered.

This research is represented in six chapters, the first chapter includes the aim of this research, introduction the issue and it’s emphasize

Chapter 2,3,4 includes In this study we look at earthquake effects on buildings and how to solve structural designs against performance. In DBYBHY-2007 regulations, earthquake performance evaluation methods explained in short and give information about how to evaluate structural performance of buildings during earthquakes.

In chapter 5, three storied present building is analysed by using the İdeCad 5 Enterprise 5.510 software according to the TDY respectively 2007 version and another analyse has been applicated to the reinforced type of the same building.

In the last chapter analyse outcomes are compared and general lookover has been done.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ülkemizde 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Adana-Ceyhan ve 1999 Kocaeli-Düzce depremlerinin ardından yerinde yapılan incelemelerde mevcut yapıların büyük bir kısmında proje ve/veya imalat ve kullanım hatalarından dolayı hasar ve can kaybı çok yüksek düzeyde olmuştur. Deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkelerde depremden sonra bir yapının hemen kullanılıp kullanılmayacağı veya güçlendirilip güçlendirilmeyeceğinin belirlenmesi önemlidir. Bunun yanı sıra öngörülen bir deprem için bir yapının kapasitesinin tayin edilerek güvenlik düzeyinin belirlenmesi ve bu çalışmalarının sonucunda yapının kullanımı hakkında karar verilmesi olası bir depremde hasarın sınırlı kalmasını sağlayabilecektir.

Depremlerden elde edilen deneyimler sonucunda birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de deprem yönetmelikleri değiştirilmektedir. Yeni deprem yönetmeliklerinde yapıların güvenlik seviyeleri yükseltilmektedir. Ülkemizde bir çok yapının yürürlükteki deprem yönetmeliğinden daha önce inşa edildiği, inşa sırasında imalat hatalarının yapılma olasılığının yüksek olduğu ve çoğu zaman projesinde göz önüne alınan kullanım amacından farklı ve itinasız kullanıldığı göz önüne alındığında bir program çerçevesinde riskli bölgelerdeki önemli yapılardan başlamak üzere tüm yapıların deprem performanslarının tespit edilmesi gerekmektedir. Bir yapının deprem performansı yapının talep edilen sismik yer hareketini karşılayabilme kapasitesi olarak tanımlanabilir.

Statik itme (pushover) analizi olarak bilinen nonlinear (doğrusal elastik olmayan) statik yöntemin kullanılışı 1970'li yıllara dayanmaktadır. Fakat özellikle son 10-15 yılda önem kazanmaya başladığını, bu konuda yapılan yayınların yoğunluğundan anlaşılmaktadır. Bu çalışmalarda öncelikle bu konunun uygulanabilirliği üzerinde tartışmalar başlamış, avantajları ve dezavantajları üzerinde durulmuştur. Yöntem hali

hazırda kullanılan doğrusal elastik yöntemlerle ve doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemleriyle karşılaştırılmıştır.

Statik itme (pushover) analizinin amacı, yapının dayanım ve deformasyon (şekil değiştirme) kapasitelerini belirleyerek ilgili performans düzeylerindeki deprem sistemi ile karşılaştırmak suretiyle, yapının performansını değerlendirmektedir. Bu yöntemde ikinci mertebe etkisi, malzemenin elastik ötesi davranışı ve iç kuvvetlerin yeniden dağılımı dikkate alınmaktadır.

“Hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesi şeklindedir.”

Doğrusal analiz yöntemleri, yukarıdaki bu şartı sağlamak için yönetmeliklerde belirtilmiş olan belli başlı katsayıları kullansa da, deprem sonrası yapıda oluşabilecek hasar durumları için fikir yürütmekte yetersiz kalmaktadır. Ayrıca, aynı yapının defalarca deprem etkisine maruz kalması sonucunda nasıl bir davranış biçimi sergileyeceği konusu da tam bir belirsizlik arz etmektedir. Buradan hareketle, doğrusal hesap yöntemlerinin yapının deprem hesabında yetersiz kaldığı sonucuna varılabilir.

1.1. Konu İle İlgili Çalışmalar

Doğrusal analizle yapının elastik kapasitesi belirlenirken, doğrusal olmayan analiz yöntemlerinde yapının elastik ötesi kapasitesi de göz önünde bulundurulmaktadır.

Yapılar için, sabit düşey yükler altında, yatay yüklerin kademeli artırılmasıyla yapılan doğrusal olmayan hesap yöntemine “Statik İtme Yöntemi” denir. Bu yöntem, binanın deprem esnasındaki davranışını daha gerçekçi olarak temsil ettiği için, hesaplamaların daha doğru bir şekilde yapılmasına imkân tanımaktadır. Statik itme yönteminde binanın tüm elemanlarının deformasyon davranışları tanımlanır. Bu

hesaplama yönteminde malzemenin elastiklik sınırları dışında kalan plastiklik kapasitesinden de yararlanılmaktadır

Performansa dayalı doğrusal analiz aşağıdaki şu sorulara rahatlıkla çok yaklaşık cevap verebilecek nitelikte bir yöntemdir:

- a) Hangi taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında hasar oluşacaktır?
- b) Taşıyıcı sistem içinde hasar dağılımı nasıldır?
- c) Bu hasarların miktarı nedir?
- d) Muhtemel göçme mekanizmaları nelerdir?

Bu soruların cevaplandırılması için;

- 1- Binanın tüm elemanlarının deformasyon davranışları tanımlanır,
- 2- Yapının artan yatay yükler altında ne şekilde davrandığı, elastik ötesi davranış da dikkate alınarak oluşturulan kuvvet-deplasman eğrisiyle belirlenir (pushover eğrisi)
- 3- Belirli bir deprem altında yapının talep ettiği spektral deplasman belirlenir.
- 4- Belirlenen deplasman talebine ulaşmış yapının performans düzeyi belirlenir.

Sonuç olarak, Statik-İtme Yöntemi deprem kuvvetlerinin binadan talep ettiği ile binanın o depreme verebileceği cevabın (kapasite, kuvvet-deplasman (pushover) eğrisi) kesiştiği noktadaki, diğer bir deyişle performans noktasındaki durumunun incelenmesidir. Bu performans noktasındaki bina özellikleri, binanın kullanım amacına ve mal sahibinin yapıdan ne beklediği ile alakalı olarak önceden tespit edilir. Bu noktada ana amaç, ekonomik durumlar ne olursa olsun en az can güvenliği seviyesinin sağlanması olmalıdır.

Günümüzde performansa dayalı tasarımda ATC-40 ve FEMA-356 (FEMA 273/274) olmak üzere birbirine yakın iki yaklaşım mevcuttur.

ATC-40 sadece betonarme binaların incelenmesi, değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için olmasına karşılık, diğer tüm binalar için de kullanılabilir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Deprem mühendisliği pratiğinde mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesinde ve yeni yapıların deprem tasarımında şekil değiştirmeye göre tasarım ilkesinin benimsenmesi ile önemli bir gelişme gerçekleşmiştir. Bu nedenle mart 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin içeriği bu ihtiyacı karşılamayı hedeflemektedir. Yönetmeliğin ilk 6 bölümü dayanım esaslı olarak düzenlenmiş olup 7. bölümü performansa dayalı olarak düzenlenmiştir.

Bu çalışmada, DBYBHY- 2007 de yer alan performans yöntemlerinden bahsedilmiş ve 17 Ağustos 1999 Marmara Depremine maruz kalan bodrum üstü 3 katlı betonarme bir yapının performans seviyelerindeki farklılığı görmek için, 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerine göre performansı hesaplanmış, 2007 TDY göre yeniden yapılması halinde performans seviyesi incelenmiş, yapının 2007 yönetmeliğine göre kat adedinin ikiye indirilmesi halinde ve 2007 TDY göre güçlendirme yapılması halindeki performans seviyeleri ayrı, ayrı incelenmeye çalışılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Altı bölümden oluşan çalışmanın;

İkinci Bölümünde yapıların üzerinde deprem etkisi, üçüncü bölümde performansa dayalı yapı tasarımının nasıl yapılabileceği ve dördüncü bölümde ise DBYBHY de yer alan performans yöntemleri üzerinde bilgi verilmiştir.

Beşinci Bölümde ise, mevcut bodrum üzeri + 3 katlı yapı modelinin performansları üzerindeki karşılaştırmalar yapılmış ayrıca Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile değerlendirilmeye çalışılmıştır. Sayısal uygulamalar bilgisayar paket programı olan İdeCad 5 Enterprise 5.510 versiyonunda yapılmıştır.

BÖLÜM 2. YAPILAR ÜZERİNDE DEPREM ETKİSİ

2.1. Giriş

Betonarme yapıların, düşey yükler yanında yatay yükleri de güvenli bir şekilde taşıması gerekir. Betonarme yapılarda sabit yükler sınıfında sayılan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların ağırlıkları ile hareketli yükler, düşey yükleri oluştururlar. Deprem ve rüzgâr etkileri ise en önemli yatay yükleri meydana getirirler. Bu yükler düşey yüklerden farklı bir özellikte olduğu için, yapının güvenliğini sağlarken taşıyıcı sistem davranışının esas alınması ve ilgili konstrüktif kurallara uyulması gerekir [2].

2.2. Temel İlkeler

Yurdumuzda, yerleşim yerlerinin büyük bir kısmı yüksek deprem riski taşıyan deprem kuşağı üzerinde bulunması, depreme karşı yeteri kadar güvenli ve bunun yanında ekonomik koşullar da göz ardı etmeyen yapı tasarımının mühendislik açısından önemli kılmaktadır. Depreme dayanıklı ve ekonomik yapı tasarımının gerçekçi bir yaklaşımla sağlanabilmesi için;

Yapıların ömürleri süresince maruz kalabilecekleri depremlerin gerçekçi bir şekilde tahmin edilmesi;

Bu deprem etkileri altında yapılardan beklenen davranışın güvenlik ve ekonomi koşullarını bir arada optimum düzeyde sağlayacak şekilde belirlenmesi;

Boyutlandırılan yapı sistemlerinin deprem etkileri altında gerçek davranışlarının izlenerek göçme güvenliklerinin bulunmasına olanak sağlayan ileri hesap yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması gerekir [3].

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının fonksiyonunun devam etmesinin sağlanması hasarların sınıflandırılması ve yapı içerisindeki hayatlara zararın kurtarılması şeklinde olmak üzere değişik seviyelerde korunma ilkeleri söz konusudur [3].

2.3. Deprem Etkisi Altında Davranış

Taşıyıcı sistem inşa edilirken başlangıçtan itibaren kendi ağırlığını taşımaya başlar. Sabit yüklerin üstüne gelen düşey faydalı yükler de benzer türden özelliğe sahiptir. Hareketli yükün taşıyıcı sisteme etkimesi, ani değil belli bir süre içerisinde gerçekleşir. Yükleme ve bu yüklemenin değeri bir zaman içerisinde meydana geldiği için, taşıyıcı sistemde kusurlar ortaya çıktığında, hemen yük boşaltılarak tedbir alma yönüne gidilir. Rüzgar ve deprem yükleri çok kısa zamanda etkiler ve dinamik özellik gösterirler. Daha önce herhangi bir yatay yükleme altında kalmayan taşıyıcı sistem kısa bir zamanda ortaya çıktığı için, herhangi bir tedbir almak veya yüklemeye etkili olmak mümkün olmaz [4].

Depremlerin büyüklükleri ortaya çıkardıkları enerjiye bağlı olarak belirlenir. Büyük depremler şiddetli hasarlar meydana getirirler ve seyrek meydana gelirler. Yani, dönüşüm periyotları uzun olur. Buna karşılık sık meydana gelen küçük depremler az hasar meydana getirir ve dönüşüm periyotları küçüktür. Deprem yönetmeliğinde yapının amacına bağlı olarak dönüşüm periyodu 100 ila 500 yıl arasında bulunan depremlere karşı binanın dayanımı söz konusu edilir. Ancak bu tür depremlerden oluşan kesit etkilerinin taşıyıcı sistem elastik davranışı ile karşılanması mümkün değildir. Buna karşılık bu değerlerin % 15 - % 20 gibi oldukça küçük bir oranın elastik davranış içinde karşılanması esas alınır ve daha küçük depremlerin taşıyıcı sistemde meydana gelecek elastik ötesi şekil değiştirmeler ve enerji tüketilmesi ile karşılanacağı kabul edilir. Bunun sonucu olarak taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesine sık rastlanan şiddeti düşük depremlerde erişilir. Bu durumda deprem etkisi yönünden yapının dayanım kapasitesine sık rastlanan şiddeti düşük depremlerde erişilir. Deprem etkisi yönünden yapının dayanım kapasitesine yıllık ihtimali % 1 - % 3 gibi yüksek bir oran olarak ortaya çıkar Bunun yanında düşey yükler altında taşıyıcı sistemin dayanım kapasitesine erişmesi ise % 0,01 gibi

oldukça düşük bir oran civarında bulunur. Bu iki değer kıyaslandığında deprem etkisinin karşılanmasındaki eksiklerin ne derece sorun meydana getirdiği anlaşılır [2].

Yapıların boyutlandırılmasında depreme karşı dayanımının da önemli olduğu düşüncesi 1920 yıllarına dayanmaktadır. Sayısal ölçümlerinin eksikliğinin de sonucu olarak, deprem etkisi yapının ağırlığının yaklaşık % 10 u yatay yük olarak kabul edilmiştir. Yakın zamanda bilgisayarlardaki gelişmelerde, taşıyıcı sistemin çözümlenmesini daha ayrıntılı biçimde yapma imkânı vermiştir. Bu arada depremlerden sonra yapılan incelemelerden bir kesitte eğilme momenti dayanımı bulunmasının, taşıyıcı sistem bütünlüğü bozulmamak koşulu ile her zaman ağır hasara veya göçmeye götürmediği belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar, orta ve yüksek katlı yapıların tipik bir depremde zorlanması durumunda çözümlenmenin elastik veya elastik ötesi davranış esas alınarak yapılmasına bağlı olmaksızın aynı mertebede yatay yer değiştirmenin meydana geldiği göstermiştir [2].

Depreme dayanıklı yapı tasarımında genel eğilim sünek taşıyıcı sistemlerin teşvik edilmesi şeklindedir. Bunun yanında yatay ve düşey kesitlerde düzenli taşıyıcı sistemin seçimi ve elemanların birleşim bölgelerinde gösterilecek özen önemle vurgulanır. Ayrıca taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmeleri sınırlandıracak rijitliğin oluşturulması ve bu suretle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarların azaltılması diğer önemli bir husustur. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007 de tanımlanan tasarım depremi, yapı önem katsayısı birim olan binalar için dönüşüm periyodu 475 yıl ve 50 yıllık süre içinde aşılması olasılığı % 10 olan yer hareketine karşı gelmektedir [2].

2.4. Taşıyıcı Sistem Özelliklerinin Deprem Davranışına Etkileri

2.4.1. Geometri

Yapılan gözlemlerden yapı ne kadar basit düzenlenmişse, depreme dayanıklılığının o derecede yüksek olduğu belitlenmiştir. Bunu, çeşitli nedenleri göz önüne alarak açıklamak mümkündür. Basit ve düzenli yapıların yapımı da kolaydır ve yapımında hata yapma olasılığı azdır. Bu tür yapıların depremdeki davranışını tahmin etmek ve buna göre bir çözümleme yapmak daha kolaydır. Karmaşık ve düzensiz yapıları modellemek ve ek olarak ortaya çıkan burulma etkisini göz önüne almak daha uzun işlemler gerektirir. Üç boyutlu çerçeve hesapları ile burulma etkisi hesaba katılabilir de ek bir zorlamanın ortaya çıkmasına müsaade etmek, onu göz önüne almaktan her bakımdan daha mantıklıdır [4].

2.4.2. Süreklilik

Taşıyıcı sistemde plan ve düşeyde bulunan elemanların dayanımlarının düzgün ve sürekli olarak düzenlenmesi davranışı olumlu yönde etkiler. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması, sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanması önler. Bütün kolon ve perdeler temelden çatıya kadar sürekli olmalı ve elemanların birbirine dışmerkez mesnetlenmelerinden kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistemde süreklilik ile elemanların birbirine yardım emesi sağlanırken, elastik davranışın ötesindeki taşıma kapasitesi artırılmış olur. Ayrıca, bu sırada ortaya çıkacak plastik mafsalların sayısı dolayısıyla dinamik enerjinin yutulan kısmı da büyütülmüş olur [4].

2.4.3. Süneklilik

Taşıyıcı sistemin veya elemanlarının sünekliliği, işaret değiştiren ve sistemi elastik sınırın ötesinde zorlayan etkiler altında taşıyıcı elemanların yardımlaşmasını sağlamak yanında enerji yutma sonucunu doğurduğundan, düşey yükler altında projelendirme daha çok dinamik deprem yüklerinin karşılanmasında önem kazanır [4].

Bir kesitin, elemanın veya bir taşıyıcı sistemin, dış yükte önemli bir değişme olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekildeğiştirme, yerdeğiştirme yapma ölçüsü süneklik, göçme sırasındaki toplam şekildeğiştirmelerin lineer şekildeğiştirmelere oranı ise; sistem süneklik oranı olarak tanımlanmaktadır. Göçmeden önce yapı yeterli düzeyde lineer olmayan şekildeğiştirme yapabilmeli, yani sistem süneklik oranı büyük değerler almalıdır [5].

2.4.4. Rijitlik

Yatay yükler altında yapıdaki yer değiştirmelerin hesabı yanal rijitliğin belirlenmesine bağlıdır. Brüt eleman kesitlerinden ve betonun başlangıç elastik modülünden hareket edildiğinde, bulunacak rijitlik, yatay yükün çok düşük seviyesi için geçerli olur. Kullanılabilirlik sınır durumundaki rijitlik için, betonun çatlamasının göz önüne alınması uygundur. Yatay yüklerin büyümesiyle donatıda akma, donatı ve betonda doğrusal olmayan davranışın hâkim duruma geçmesi, rijitliği daha da azaltır. Binada taşıyıcı olmayan elemanlar taşıyıcı olanlara göre daha az elastiktir ve gevrek bir davranış gösterirler. Rijitliğin artırılması ile katların birbirine göre olan rölatif yatay ötelenmesi sınırlandırılarak özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarı kontrol altına almak mümkündür [4].

BÖLÜM 3. PERFORMANSA DAYALI YAPI TASARIMI

3.1. Giriş

Performansa dayalı deprem mühendisliğinde amaç, sismik performansları belirlenebilen güvenli yapıların inşa edilmesini sağlamaktır. Performans kavramı, deprem mühendisliğinde yeni gelişen bir kavramdır. Öncelikle mevcut yapıların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitesinin hesaplanması ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. Zaman geçtikçe yeni yapıların tasarımında da performans kavramı önemini kazanmıştır.

Deprem mühendisliğinde performansa dayalı tasarım yöntemi, deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans seviyesinin belirlenmesi için kullanılır. Performans seviyesi, depremden sonra yapıda meydana gelebilecek hasar durumu ile alakalıdır. Performansa dayalı yapı tasarımında belirli bir deprem etkisinde yapıda birden fazla hasar seviyesinin ortaya çıkması öngörülür [6].

3.2. Performans Amaçları

Performansa dayalı tasarımın amacı, yapıların meydana gelmesi beklenen depreme karşı göstereceği davranışı yani sismik performansı belirlemektir. Belirli bir deprem etkisi altında kabul edilebilir maksimum hasar durumlarının belirlenmesi şeklinde tanımlanan sismik performansın amacı, büyüklüğü verilen deprem yer hareketi için tahmin edilen bina performansının seçilmesi için saptanır. Bir performans amacının çeşitli deprem durumlarını içermesi durumunda bu performans amacı çoklu performans amacı olarak isimlendirilir. Depreme dayanıklı genel yapı tasarımı ilkelerinden özellikle can güvenliği ve yapının göçmemesi, deprem yönetmelikleriyle açık bir şekilde önlenmiştir.

Performansa dayalı tasarım bir tasarım depreminin ardından hemen kullanım can güvenliği ve yanal stabilite gibi performans seviyelerini yapıda belirlemek için kullanılmaktadır. Bu amaç performans dayalı depreme dayanıklı yapı tasarımının esas anlayışını göstermektedir. Deprem güvenliği belirlenecek veya güçlendirilecek binalarda taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranması durumu taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve ona bağlı olan deprem yükü azaltma katsayısı ile göz önüne alınır. Taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışının tek bir katsayı ile göz önüne alınması, buna bağlı olarak depremde meydana gelen kuvvetlerin ve oluşacak olan yer değiştirmelerin belirlenmesi bakımından yetersiz görülebilir. Mevcut binaların deprem güvenliğinin yetersiz bir yöntemle incelenmesi, gerçekçi güç tükenmesi mekanizmasının belirlenmesinde ve yeterli güvenliğin elde edilmesindeki belirsizlikleri beraberinde getirir. Sonuç olarak, binada maliyeti yüksek ve aşırı güvenli güçlendirmenin yapılması veya bunların bina sahibinin istekleri doğrultusunda oluşmaması gibi durumlar ortaya çıkar. Performans kavramı bu eksikliklere cevap vermek üzere oluşturulmuştur. Performansa dayalı incelemede ilk adım bina için Deprem Performans Amacı tanımıdır.

3.3. Taşıyıcı Eleman Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Deprem kayıtlarının ve yeryüzünün teknotik yapısının incelenmesinde deprem tehlikesi olan bölgeleri belirlemek oldukça kolay olmasına karşılık, yapının ömrü boyunca meydana gelebilecek en büyük deprem hakkında tahmin yapmak zordur. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının fonksiyonunun devam etmesinin sağlanması, hasarın sınıflandırılması ve yapı içerisindeki insanların hayatının kurtarılması şeklinde olmak üzere değişik seviyelerde koruma söz konusudur. Bu seviyelerin belirlenmesi toplumun bu konuda yapacağı fedakârlığa ve ekonomik duruma bağlıdır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada uygulanan ilke, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içerisinde kalarak; orta şiddetteki depremleri elastik sınırın ötesinde, fakat taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla; çok seyrek olan şiddetli depremleri büyük hasarlarla fakat taşıyıcı sistem tamamen göçmeden, can kaybı olmaksızın taşıyabilmesidir. Depreme

dayanıklı yapı tasarımında, depremden hemen sonra yapının işlevine devam edebilmesi, meydana gelen deprem hasarının sınırlı ve onarılabilir olması, yapı içerisindeki can güvenliğinin sağlanması ve göçmenin önlenmesi şeklinde olmak üzere, değişik sınır durumlara karşı belirli düzeylerle güvenlik sağlanması amaçlanmaktadır. Öngörülen güvenlik düzeyi, yapının önemine, kullanım amacına ve yapıdan beklenen performansa bağlı olarak değişmektedir.

3.3.1. Hemen kullanım sınır durumu (fully operational),

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla % 10 u belirgin hasar bölgesine geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Varsa gevrek elemanların sünek duruma getirilmesi şartı ile bu durumdaki bina hemen kullanım durumunda kabul edilir [1].

Hemen kullanım durumunda binada küçük elektro-plastik şekil değiştirmelere izin verilmektedir. Taşıyıcı sistemin ana elemanı olarak kabul edilen kolon ve perdelerin en düşük hasar seviyesinde kalması öngörülürken, kirişlerde belirli oranın bir üst hasar seviyesine geçmesine izin verilmektedir. Gevrek hiçbir elemanın kabul edilmemesi uygulamada oldukça zor bir şart olarak ortaya çıkmaktadır [11].

3.3.2. Can güvenliği sınır durumu (life safety),

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Düşey elemanlar düşey yükleri taşımada yeterlidir. Yapısal olmayan elemanlar hasarlı olmakla birlikte dolgu duvarlar yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir, ancak gözle fark edilebilir değerlerde değildir [7].

Herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla % 20 si ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Ancak ileri hasar bölgesindeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı % 20'nin altında olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesindedir. Bu durumda bina Can Güvenliği durumunda kabul edilir. Can güvenliği durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının % 30 u aşmaması gerekir. En üst katta ileri hasar bölgesindeki düşey elemanların kesme kuvvetinin toplamının, o kattaki tüm kattaki kolonların kesme kuvvetinin toplamına oranı en fazla % 40 olabilir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içerisindeki dağılıma göre karar verilir [1].

Hasar durumu kirişlerde oran olarak verilirken, kolonlarda kolon kesme kuvvetine bağlı olarak verilmesi, önemli ve daha çok önemli kolonların ayrılabilmesi bakımından dikkat çekicidir. En üst katın, taşıyıcı sistem kararlılığındaki daha az etkili duruma da dile getirildiği görülmektedir. Ayrıca kolonun iki ucunun de hasar bölgesine erişmesi anlamlı bir durum olarak kabul edilmektedir. Benzer güçlü kolon kavramının olumlu yanının ortaya çıkarıldığı görülmektedir [11].

3.3.3. Göçmenin önlenmesi sınır durumu (near collapse),

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli kısmında hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Düşey elemanlar düşey yükleri taşımada yeterlidir, ancak bazıları eksenel kapasitelerine ulaşmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır, dolgu duvarların bir kısmı yıkılmıştır. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmuştur [7].

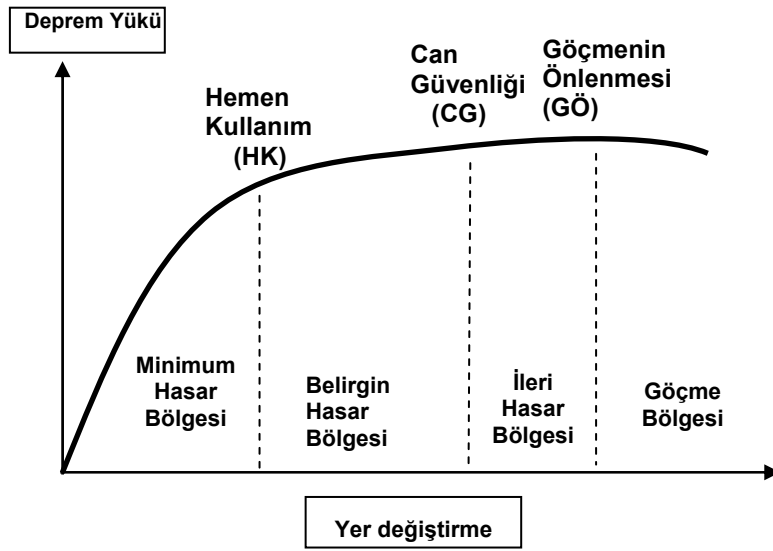
Herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla % 20 si ve kolonların bir kısmı göçme bölgesine geçebilir. Ancak göçme bölgesindeki kolonların, kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı % 20'nin altında olmalıdır ve bu elemanların durumu yapının kararlılığını bozmamalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesindedir. Bu durumda bina Göçmenin Önlenmesi Durumunda kabul edilir. Göçmenin önlenmesi durumunda kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine oranının % 30 u aşmaması gerekir. En üst katta göçme bölgesindeki kolonların kesme kuvvetinin toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla % 40 olabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve güçlendirilmesi gereklidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik verimliliği değerlendirilmelidir [1].

Sünek elemanlar için çeşitli hasar durumları tanımlanırken, gevrek elemanların taşıma güçlerine eriştikten sonra doğrudan göçme durumuna geldiği kabul edilmektedir. Burada da hasar durumu kirişlerde oran olarak verilirken, kolonlarda kolon kesme kuvvetine bağlı olarak verilmektedir. Ayrıca kolonun iki ucunun da hasar bölgesine erişmesi olumsuz ve güçlü kolon kavramı olumlu bir durum olarak kabul edilmektedir [11].

3.3.4. Göçme durumu sınır durumu (collapse),

Yapı uygulanan deprem etkisi altında göçme durumuna ulaşır. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyenler düşey yükleri taşıyabilmektedir, ancak rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelenmeler olmuştur. Yapı tamamen göçmüştür veya yıkılmanın eşiğindedir ve daha sonra meydana gelebilecek hafif siddetteki bir yer hareketi altında yıkılma olasılığı yüksektir [7].

Bina göçmenin önlenmesi durumunu sağlamıyorsa Göçme Durumundadır. Binada güçlendirme uygulanmalıdır, ancak güçlendirilmesi ekonomik olarak verimli olmayabilir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır [1].



Şekil 3.1. Bina Performans Düzeyleri ve Hasar Bölgeleri [1].

3.4. Binalardan Bilgi Toplanması ve Bilgi Düzeyleri

Binanın deprem güvenliğinin değerlendirilmesinde taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarının belirlenmesi için binanın taşıyıcı sistemi konusunda bilgi toplanması gerekir. Taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitesinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binanın projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilir [11].

Binadan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, varsa mevcut hasarın belirlenmesi, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür [11].

Bilgi düzeyleri sırayla sınırlı, orta, kapsamlı olarak sınıflandırılır.

3.4.1. Sınırlı bilgi düzeyi

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi ‘Deprem sonrası hemen kullanımı gereken binalar’ ile ‘İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar’ için uygulanamaz. Bilgi düzeyi katsayısı 0,70’dir [11].

3.4.2. Orta bilgi düzeyi

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcutsa sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri kontrol edilir. Bilgi düzeyi katsayısı 0,90’dır [11].

3.4.2. Kapsamlı bilgi düzeyi

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur ve projede bilgilerinin kontrol edilmesi için yeterli düzeyde ölçümler yapılır. Bilgi düzeyi katsayısı 1,00’dir [11].

3.5. Deprem Hareketi

Performansa dayalı değerlendirme ve tasarımda göz önüne alınmak üzere, farklı düzeyde deprem hareketleri tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık süreç içerisinde aşılma olasılıklarına göre ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu) ile ifade edilir.

3.5.1. Servis (kullanım) depremi

50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 72 yıldır. Dönüş periyotları incelendiğinde kullanım depreminin binanın ömrü boyunca maruz kalabileceği bir deprem olarak kabul edilebilir [10]. Bu deprem etkisi, aşağıda tanımlanan tasarım depreminin yarısı kadardır.

3.5.2. Tasarım depremi

50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 474 yıldır. Bu deprem 1998 deprem yönetmeliğinde esas alınmaktadır.[7]. Bina önem katsayısı 1 olan yeni konut yapıları için göz önüne alınan deprem etkisine karşı gelmektedir. Binanın ömrü boyunca maruz kalma ihtimali düşük bir etkidir.[10]. DBYBHY-2007'de tasarım depreminde, binanın taşıyıcı sisteminde yapısal elemanlarda oluşacak hasarı kabul eder ve sınırlı ve onarılabılır düzeyde kalmasını öngörür. Bu kabul, yani sınırlı hasarın kabul edilmesi taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışının kullanılmasına karşılık gelir [10].

3.5.3. En büyük deprem

50 yılda aşılma olasılığı % 2, dönüş periyodu yaklaşık 2475 yıl olan depremdir. Bu depremin etkisi tasarım depreminin yaklaşık 1,5 katı kadardır [7].

En büyük depremin yeni projelendirilen toplumsal önemli binalar için göz önüne alınan deprem etkilerine belirli bir yaklaşıklıkla karşı geldiği söylenebilir. Yeni binalarda bu deprem etkisi bu deprem etkisi yeni bina katsayısının 1 den büyük seçilmesi ile oluşur [10].

3.6. Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri

Belirli bir deprem hareketi altında, bir bina için öngörülen yapısal performans, performans hedefi olarak tanımlanır. Yapısal performans, bir yapıyı oluşturan taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan elemanlarının performans seviyesi (düzeyleri) ile tanımlanır. Bir yapı için, birden fazla yer hareketi altında farklı performans hedefleri öngörülebilir. Buna çok seviyeli performans hedefi denir.

Aşağıdaki tabloda, deprem yönetmeliğinde öngörülen çok seviyeli performans hedefi için bir örnek verilmiştir. Bu tablo yeni tasarımı yapılacak binalar için söz konusu olan bina önem tablosu katsayısını benzerdir. Yeni binalar için bina önem katsayısı ile karşılanması öngörülen deprem etkisi arttırılır. Mevcut binalarda ise binanın kullanım amacı ve türü, deprem etkisine göre binanın sağlaması gereken performans hedefini değiştirmektedir [10].

Tablo 3.1. Binalar için hedeflenen minimum performans düzeyleri (DBYBHY–2007) [1].

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılıda %50	50 yılıda %10	50 yılıda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	–	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	–	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	–
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	–	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	–	CG	–

HK: Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÖ:** Göçme Öncesi

3.7. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı $A(T)$ ile gösterilmiştir. % 5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumunun ordinatı olan Elastik Spektral İvme $S_{ae}(T)$, Spektral ivme katsayısı ile g nin çarpımına karşı gelmektedir [1].

$$\begin{aligned} A(T) &= A_o \cdot I \cdot S(T) \\ S_{ae}(T) &= A(T) \cdot g \end{aligned} \quad (3.1.)$$

DBYBHY – 2007 yönetmeliğinde tasarıma esas yer hareketinin belirlenmesinde kullanılan, ivme spektrumlarının T_A ve T_B karakteristik değerlerinin zemin sınıfına göre dağılımı Tablo 3.2’de, deprem bölgelerine göre sınıflandırılan etkin yer ivme katsayısı Tablo 3.3’de, yapıların kullanım amacına göre belirtilen bina önem katsayısı Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B) [1].

Tablo 6.2'ye göre Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

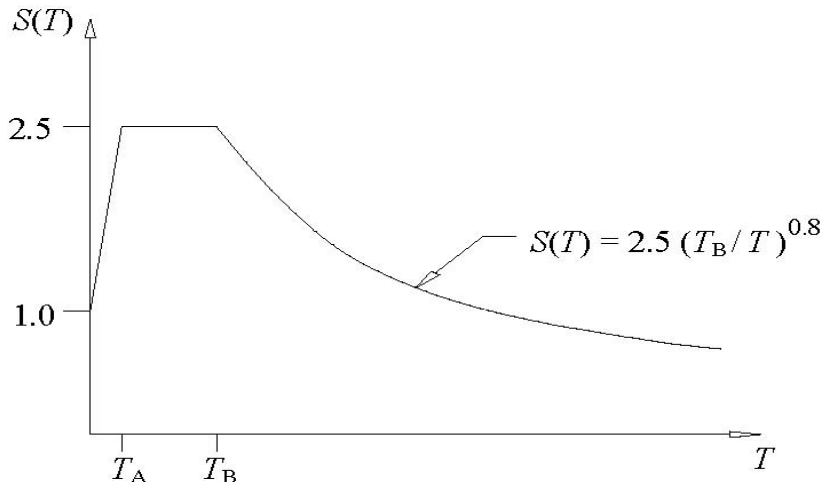
Tablo 3.3. Etkin Yer İvme Katsayısı (A_o) [1].

Deprem Bölgesi	A_o
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Tablo 3.4. Bina Önem Katsayısı (I) [1].

Binanın Kullanım Amacı Veya	Bina Önem Katsayısı (I)
<u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
<u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u> a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
<u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
<u>4. Diğer binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları göz önüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, Tablo 3.2 deki ilgili karakteristik periyotlar göz önüne alınarak yukarıda belirtilen denklem 3.1.den bulunacak değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır [1].



Şekil 3.2. DBYBHY ivme spektrumu [1].

BÖLÜM 4. DEPREM PERFORMANSI HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

4.1 Giriş

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu için tasarlanmıştır. Gerçekte deprem etkilerine maruz kalmış binaların belirlenmesi için de aynı performans tanımları kullanılabilir.

Seçilen performans seviyesi esas alınarak taşıyıcı sistemde kuvvet dağılımının ve yer değiştirmenin yapılması için gereken işlemlerin tümü bu bölümde yer almaktadır. Binalar için deprem performansı hesaplama yöntemleri, doğrusal elastik yöntemler (lineer elastik), doğrusal olmayan yöntemler (nonlineer, inelastik) gibi analiz metotları kullanılmaktadır.

Doğrusal elastik yöntemlerde; yapı davranışı doğrusal olarak kabul edilir. Yapının elastik kapasitesini ve ilk akmanın nerede olacağını iyi bir şekilde göstermesine karşın mekanizma durumlarının ve akma sırasında kuvvet durumunu tahmin edemez. Bulunacak etkiler binanın doğrusal elastik davranması durumunda oldukça gerçekçi kabul edilir. Ancak, taşıyıcı sistemde akma durumunda iç kuvvetler daha düşük ortaya çıkar. Aradaki fark davranış değiştirme katsayısı ile giderilir.

Doğrusal elastik olmayan (nonlineer) hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem etkisi altında sünek eğilme davranışına ait plastik şekil değiştirmelerin ve gevrek davranış modlarındaki iç kuvvetlerin hesaplanmasıdır. Bu yöntemlerde, yapının göçme anına kadar davranışını ve yıkılma durumundaki mod şeklinin gerçekte nasıl olacağını çok büyük bir yaklaşımla gösterir, mühendise binanın deprem anındaki davranışı hakkında fikirler verir, esnek yorum imkânı sağlar.

Deprem performansı hesaplama yöntemleri:

1. Doğrusal Elastik Yöntemler

- a. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
- b. Mod Birleştirme Yöntemi
- c. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

2. Doğrusal Olmayan (Nonlinear)Yöntemler

- a. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik İtme - Pushover Analizi)
- b. Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi
- c. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

4.2. Doğrusal Elastik Yöntemler

Yapının tamamen elastik davrandığı kabul edilir ve sistem tamamen elastik olarak çözülür. Ardından eleman bazında kapasiteler hesaplanır. Son olarak eşlenik deplasman kuralına benzer şekilde kapasite oranları elde edilir. Bu kapasite oranları ilgili kesitlere ait kapasite sınır oranları ile kıyaslanarak elemanın hasar durumu hakkında fikir edinilmiş olur.

DBYBHY – 2007’de Eşdeğer deprem yüğü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8 ‘i aşmayan, ayrıca ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1,4$ sınır şartlarını sağlaması gerektiği belirtilmektedir. Aksi takdirde mod birleştirme yöntemi kullanılmalıdır.

4.2.1. Yeni binaların doğrusal elastik yöntemle performans değerlendirmesi

Yeni binaların tasarımında doğrusal elastik davranış kabulü ile hesaplanan (azaltılmamış) deprem kuvvetleri, tasarlanan yapının elastik ötesi süneklik ve fazla dayanım (tasarım dayanımına göre) özellikleri göz önüne alınarak seçilen deprem yüğü azaltma katsayısına (R_a) bölünmesi ile azaltılır. Bu azaltma, binanın kapasite tasarımı ilkelerine uygun olarak tasarlandığında deprem etkileri altında hiçbir elemanda gevrek kırılma olmayacağı ve tüm elemanların benzer süneklik ve fazla

dayanım özelliklerine sahip olacağı varsayımına dayanır. Azaltılmış deprem kuvvetleri altında hesaplanan iç kuvvetler, düşey yüklerden kaynaklanan iç kuvvetlerle birleştirilerek elemanların tasarım kuvvetleri belirlenir.

Depremden kaynaklanan tüm iç kuvvetlerin aynı yük azaltma faktörü ile azaltılmasının gerekçesi, binanın deprem sırasında tek dereceli bir sistem gibi davranacağı varsayımdır. Özellikle birden fazla titreşim modunun hesaba katıldığı mod birleştirme yönteminde bu kabul doğru değildir, sadece pratik bir yaklaşıklık sağlar. Esasında bu durumda her mod için ayrı bir R katsayısı tanımlamak gereklidir. Kapasite tasarımı ilkelerine göre tasarlanan bir binanın deprem etkisi altında tek dereceli bir sistem gibi davranacağını ve dayanım fazlası olmadığını, yani binanın gerçekleşen dayanımının tasarım dayanımına yakın olduğunu kabul edebiliriz [11].

4.2.2. Mevcut binaların doğrusal elastik yöntemle performansının değerlendirilmesi

DBYBHY–2007 koşullarını sağlamayan mevcut bir binada tek bir R katsayısı kullanarak deprem yüklerini azaltmak ve eleman kapasitelerini azaltılmış deprem yükleri ve düşey yük etkilerinin birleşik etkisi altında kontrol etmek doğru değildir. Zira elemanlarının tümü aynı derecede sünek olmayan bir binada tek bir R katsayısı tanımı geçerli değildir. Bu nedenle doğrusal elastik performans hesabında deprem yükü azaltma katsayısı uygulanmamış, deprem etkileri azaltılmamış deprem yükleri altında hesaplanmıştır.

Doğrusal elastik olarak modellenen bir binanın elemanlarının performans kontrolü, kritik kesitlerde azaltılmamış deprem etkisi ve düşey yük etkisi altında hesaplanan iç kuvvetlerin kesit kapasiteleri ile karşılaştırılması sonucunda yapılabilir. Kesit kapasitesinin aşılmasına, ancak kesit yeterli sünekliğe sahipse izin verilebilir. Dolayısıyla eleman kesitlerinde iç kuvvetler cinsinden elde edilen etki / kapasite oranları kesitten talep edilen sünekliğin bir göstergesi olmaktadır [11].

4.2.3. Yapı elemanlarının performans değerlendirilmesi

Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise 'sünek', kesme ise gevrek olarak sınıflandırılırlar.

Betonarme yapı elemanlarında oluşacak hasarların belirlenmesinde kullanılacak eleman hasar sınırlarının sayısal değerleri burada tanımlanmaktadır. Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile sünek elemanların hasar sınırlarının tanımında kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş yığma dolgu duvarların kesitlerinin etki/kapasite oranları (r) cinsinden ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır [1].

Tablo 4.1. Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r) [1].

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{pb}$	Sargılama	$\frac{V}{bw.d.fctm}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4
	Gevrek	Kirişler	1	1	1

Tablo 4.2. Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r) [1].

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N}{Ac f_c}$	Sargılama	$\frac{V}{bw.d.f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4	Var	≥ 1.30	2	3	5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
Gevrek	Kolonlar		1	1	1

Tablo 4.3. Betonarme Perdeler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r) [1].

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6
Gevrek Perdeler	1	1	1

Sünek kolon ve kirişlerin kritik kesitlerinde, eğilme kapasitesi ile uyumlu kapasite kesme kuvveti V_e 'nin kesme kapasitesi V_r 'yi aşmaması gereklidir. Aşması durumunda bu elemanlar gevrek eleman sınırında sayılırlar [1].

Kırılma türü eğilme olan sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin eğilme etki/kapasite oranı, sadece deprem etkisi altında hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kesit kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır [1].

Kırılma türü kesme olan kiriş, kolon ve perdelerin etki/kapasite oranları, kritik kesitlerde hesaptan elde edilen kesme kuvvetinin TS – 500 ‘e göre hesaplanan kesme kuvveti dayanımına bölünmesi ile elde edilecektir. Kırılma türü basınç olan gevrek kolonların etki/kapasite oranları, hesaptan elde edilen basınç kuvvetinin TS-500’e göre hesaplanan basınç dayanımına bölünmesi ile elde edilecektir [1].

Hesaplanan kiriş kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranları Tablo 4.1, Tablo 4.2 ve Tablo 4.3 de verilen hasar sınır değerleri ile karşılaştırılarak Şekil 3.1. e göre elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir.

4.3. Doğrusal Olmayan Yöntemler (Nonlinear Yöntemler)

Belirli bir performans düzeyini gerçekleştirmek için kaçınılmaz olarak uygulanması gereken elastik ötesi hesap yöntemleri arasında, basitleştirilmiş çözüm olarak sunulan Doğrusal Elastik Olmayan Statik Yöntem geleneksel olarak lineer davranışa koşullandırılmış biçimde gelişen mühendislik pratiğince hemen kabul görmüştür [9]. Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışı doğrudan çözümlemeye katılarak modelleme yapılır. Sistemin artan yükler altında, öngörülen hedef yerdeğiştirme (performans noktası), tasarım depreminde ortaya çıkması beklenen yerdeğiştirme olarak kabul edilir.

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, bu bölümde tanımlanmış bulunan şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi yapılacaktır [1].

4.3.1. Performans değerlendirmesinde izlenecek yol

Yapı performansının belirlenmesi için doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden hangisinin kullanılacağı tespit edilmelidir. Bu sebeple artımsal itme analizinin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak yapılabilmesi için binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur. Şartların sağlamaması durumunda Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi veya Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi kullanılabilir.

Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılacaktır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları dikkate alınacaktır.

Artımsal itme analizinin Artımsal Eşdeğer Deprem Yöntemi ile yapılması durumunda yapılması durumunda, koordinatları “modal yerdeğiştirme -modal ivme” olarak tanımlanan birinci (hâkim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilecektir. Bu diyagram ile birlikte deprem yönetmeliğinde tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde DBYYHY – 2007 nin 7.8. maddesinde yapılan değişiklikler göz önüne alınarak, birinci (hâkim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenecektir. Son aşamada, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.

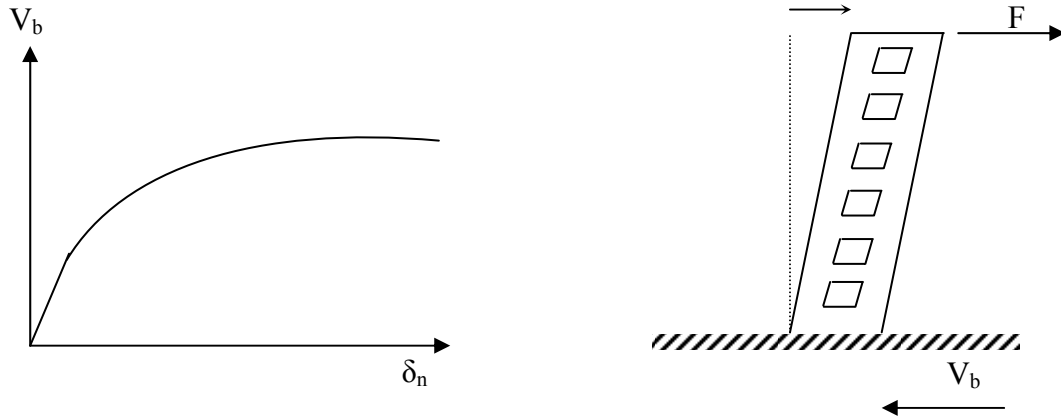
Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve DBYYHY – 2007'nin 7.6.8. maddesine göre toplam eğrilik istemleri elde edilecektir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekildeğiştirme istemleri hesaplanacaktır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları

için DBYYHY – 2007'nin 7.6.9. maddesinde tanımlanan ilgili birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır. Ayrıca, güçlendirilen dolgu duvarlarında görece kat ötelemeleri cinsinden hesaplanan şekildeğiştirme istemleri DBYYHY – 2007'nin 7.6.10. maddesinde tanımlanan şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılacaktır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, DBYYHY – 2007'nin 7.6.11. maddesinde tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır.

4.3.2. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

Bu bölümde DBYYHY-2007 yönetmeliğinde adı geçen modal kapasite diyagramının elde edilmesi hakkında bilgiler verilecektir.

Modal kapasite diyagramının elde edilmesinde yapılacak ilk işlem, sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi(pushover eğrisi-Şekil 4.1) elde edilecektir.



Şekil 4.1 Taban Kesme Kuvveti, Çatı Deplasmanı (Pushover Eğrisi)

Pushover eğrisi, bir yapının sıfır konumundan kararsız hale gelinceye kadar geçen süre içerisinde yapıya arttırılarak uygulanan yük etkisi altında taban kesme kuvvetlerine karşılık gelen çatı deplasman değerlerinin bir etkileşim diyagramı üzerinde kesişen noktaların geometrik olarak birleştirilmesi ile elde edilen diyagramdır. (Şekil 4.1.)

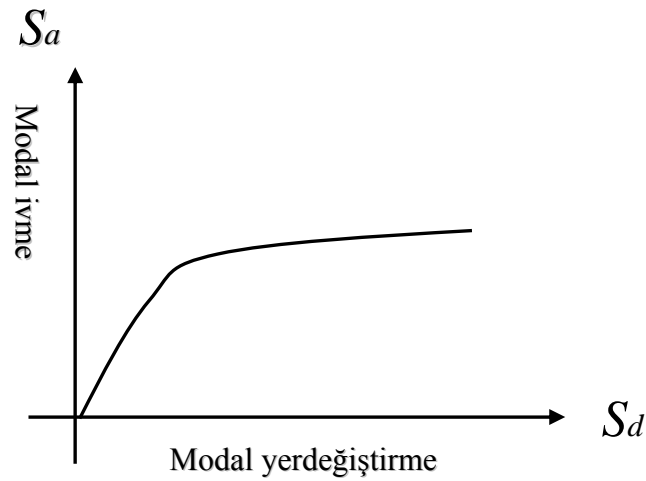
Pushover eğrilerinin anlamlı olabilmesi için modal kapasite diyagramlarına dönüştürülmesi ve yapının maksimum elastik ötesi yerdeğiştirme kapasitesinin hesaplanması gerekmektedir [12].

İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları “modal yerdeğiştirme – modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki formüllerden yararlanılarak elde edilir.

$$S_a = \frac{V_{x1}}{M_{x1}} \quad (4.1.)$$

$$S_d = \frac{u_x}{\phi_{iN1} \Gamma} \quad (4.2.)$$

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (4.3.)$$



Şekil 4.2 Modal Kapasite Diyagramı [8].

4.3.3. Hedef tepe yer değiştirmenin bulunması

Tepe yer değiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır.

Doğrusal elastik olmayan yöntemin en önemli adımı olan hedef tepe yerdeğiştirmenin (performans noktası) bulunma aşaması DBYBHY–2007’de bilgilendirme eki 7C’ de verilmiştir. Burada çözüm aşamasındaki en önemli kriter olarak yapının birinci (hakim) doğal titreşim periyodunun karakteristik periyot olan T_B ’ ye göre değer olarak durumu irdelenmiştir.

Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme, S_{di1} , itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) moda ait $T_1^{(1)}$ başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme S_{de1} ’e bağlı olarak Denk 4.4. ile elde edilir [1]:

$$S_{di1} = C_{R1} \cdot S_{de1} \quad (4.4.)$$

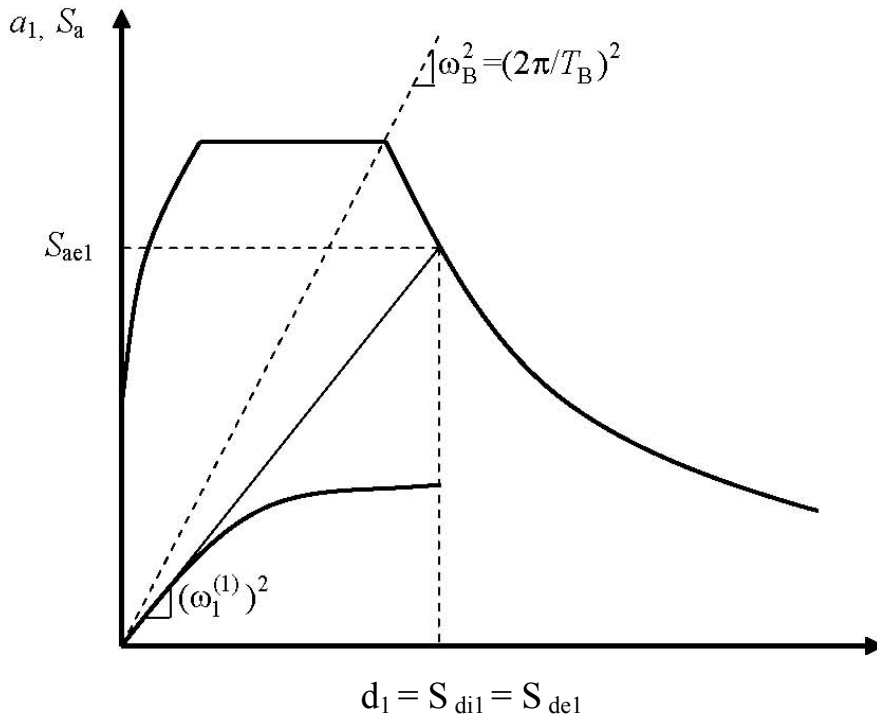
Doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme S_{de1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme S_{ae1} ’den hesaplanır [1]:

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(w1)^2} \quad (4.5.)$$

Birinci hakim periyodun ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B ’ ye eşit veya daha uzun olması durumunda doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme S_{di1} , eşit yer değiştirme kuralı uyarınca doğal periyodu yine $T_1^{(1)}$ olan eşlenik doğrusal sisteme ait lineer elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} ’e eşit alınacaktır [1].

Yapı sistemlerinin performanslarının belirlenmesinde kullanılan talep spektrumu (deprem istemi) bir yapının, deprem hareketine, deprem süresince verdiği maksimum karşılığı göstermektedir. Nonlinear Statik Yöntemlerin temel dayanağı veya dayandığı temel varsayım, eğer bina tamamen elastik davranıyorsa, yapacağı spektral deplasman, binanın nonlinear davranması durumunda yapacağı inelastik spektral deplasmana eşit olmasını öngören eşit yerdeğiştirme kuralıdır. Diğer bir ifade ile bir değerden daha yüksek periyoda sahip elastoplastik sistemlerin maksimum deplasmanının, aynı periyod ve sönüme sahip elastik sistemlere yaklaşık olarak eşit olması ‘eşit deplasman kuralı’ prensibi olarak bilinmektedir [9].

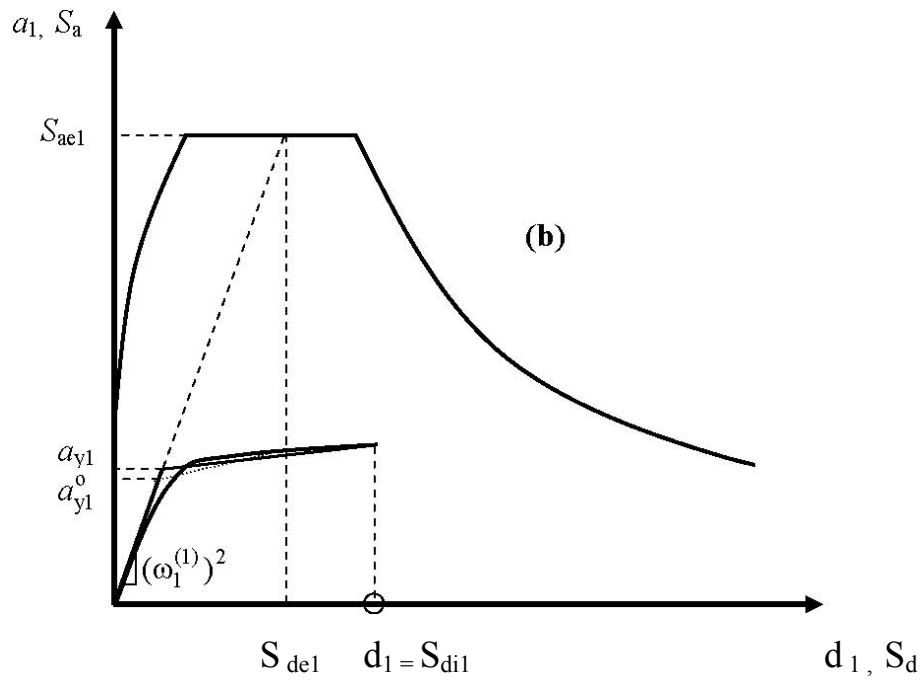
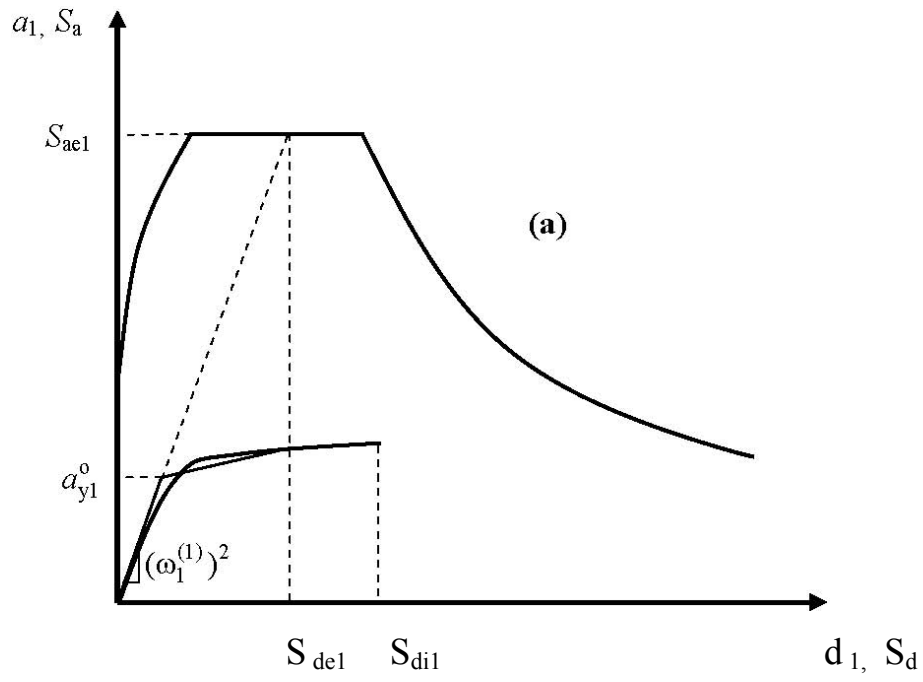
Doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme S_{d1} 'in bu durumdaki elde edilmesini gösteren birinci doğal moda ait ve koordinatları (d_1, a_1) olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları spektral yerdeğiştirme (S_d) – spektral ivme (S_a) diyagramları aşağıdaki gibi bir arada çizilmiştir.



Şekil 4.3 $T_1^{(1)} \geq T_B$ olması durumunda nonlinear spektral yerdeğiştirmenin elde edilmesi [6].

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'den daha kısa olması durumunda spektral yerdeğiştirme S_{di1} bir ardışık yaklaşım yöntemiyle hesaplanacaktır.

DBYBHY–2007 yönetmeliğinin 7C.3-7C.4-7C.5 denklemleri kullanılarak spektral yerdeğiştirme S_{di1} 'in bulunması gerekmektedir. Spektral yerdeğişmenin ikinci durum olan $T_1^{(1)} < T_B$ olması durumunda elde edilişi Şekil 4.4'deki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 4.4. $T_1^{(1)} < T_B$ olması durumunda nonlineer spektral yerdeğişmenin elde edilişi [6].

Yapılan itme analizinin son adımında hesaplanan spektral yerdeğiştirme (S_{di1}) aşağıda belirtilen 4.6 ve 4.7 denklemlerinde yerine konularak ilgili deprem doğrultusundaki hedef tepe yerdeğiştirmesi elde edilmiş olur.

$$d_1 = S_{di1} \quad (4.6.)$$

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (4.7.)$$

Statik itme analizinin adımlarında elemanların güç tükenmesi durumlarının kontrolü gerekir. Eğer bu güç tükenmesi gevrek ise, örneğin elde edilen kesme kuvveti mevcut donatı ile karşılanmıyorsa, sistemin bu itme adımına ulaşmadan gücünün tükeneceğine karar verilir. Geri dönülerek kesit etkilerinin karşı gelen mevcut kapasite ile karşılaştırılmasıyla, ulaşılabilecek en büyük itme adımı bulunur. Bu adım eğer depremin talep yerdeğiştirmesinden küçük kalıyorsa, deprem etkisi karşılanamıyor demektir. İstenirse gevrek güç tükenmesi güçlendirme ile önlenerek daha ileri itme adımlarına geçilebilir [12].

4.4. Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Bulunması

Performans noktasının belirlenmesinden sonra, depremin talebine karşı sistemin elasto-plastik davranışla yapacağı yerdeğiştirme, plastik mafsalları yerleri, θ_p plastik mafsalları dönmeleri ve dolayısıyla ϕ_p plastik eğrilikler bulunur. Bu plastik eğriliklere kesitin plastikleşmeye erişinceye kadar yaptığı ϕ_y akma elastik eğriliği de eklenerek kesitin ϕ_t toplam eğriliği bulunabilir [12]:

$$\phi_p = \theta_p / L_p \quad (4.8.)$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (4.9.)$$

Kesitte bulunan normal kuvvet ve eğilme momenti belirli olduğuna göre bu değerler kullanılarak kesitteki şekil değiştirme durumu hesap edilebilir.

4.5. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

Beton ve çeliğin birim şekil değiştirmeleri cinsinden hesaplanan deprem istemleri, birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenecektir.

Plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeğiştirme üst sınırları aşağıda tanımlanmıştır [1].

4.5.1. Kesit minimum hasar sınırı (MN)

Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.004 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (4.10.)$$

4.5.2. Kesit güvenlik sınırı (GV)

Sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.004 + 0.0095 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GC} = 0.040 \quad (4.11.)$$

4.5.3. Kesit göçme sınırı (GÇ)

Sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.013 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (4.12.)$$

BÖLÜM 5. SAYISAL UYGULAMALAR

5.1. Giriş

Statik itme analizi (Pushover) hakkındaki teorik bilgiler daha önceki bölümlerde detaylı olarak verilmiştir. Bu bölümde, bu bilgilerin daha iyi anlaşılabilmesi için yapılacak sayısal uygulamada 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre inşa edilen bodrum üstü 3 katlı mevcut bir yapı ele alınmıştır. Bu mevcut yapıya aşağıdaki analizler sırasıyla yapılmıştır.

a) Yapı mevcut malzeme özellikleri, mevcut kesit ve donatısı ile 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerine göre performans seviyesi incelenmiştir.

b) Yapı şayet 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinin şart ve gereklerine uygun olarak yeniden yapılması halinde, performans seviyesindeki değişim incelenmiştir.

c) Ayrıca yapı mevcut imar durumuna göre bodrum üstü iki katlı yapılacak olursa performans seviyesindeki değişim incelenmiştir.

d) Yapı 2007 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğe göre güçlendirme yapılarak performans seviyesi incelenmiştir.

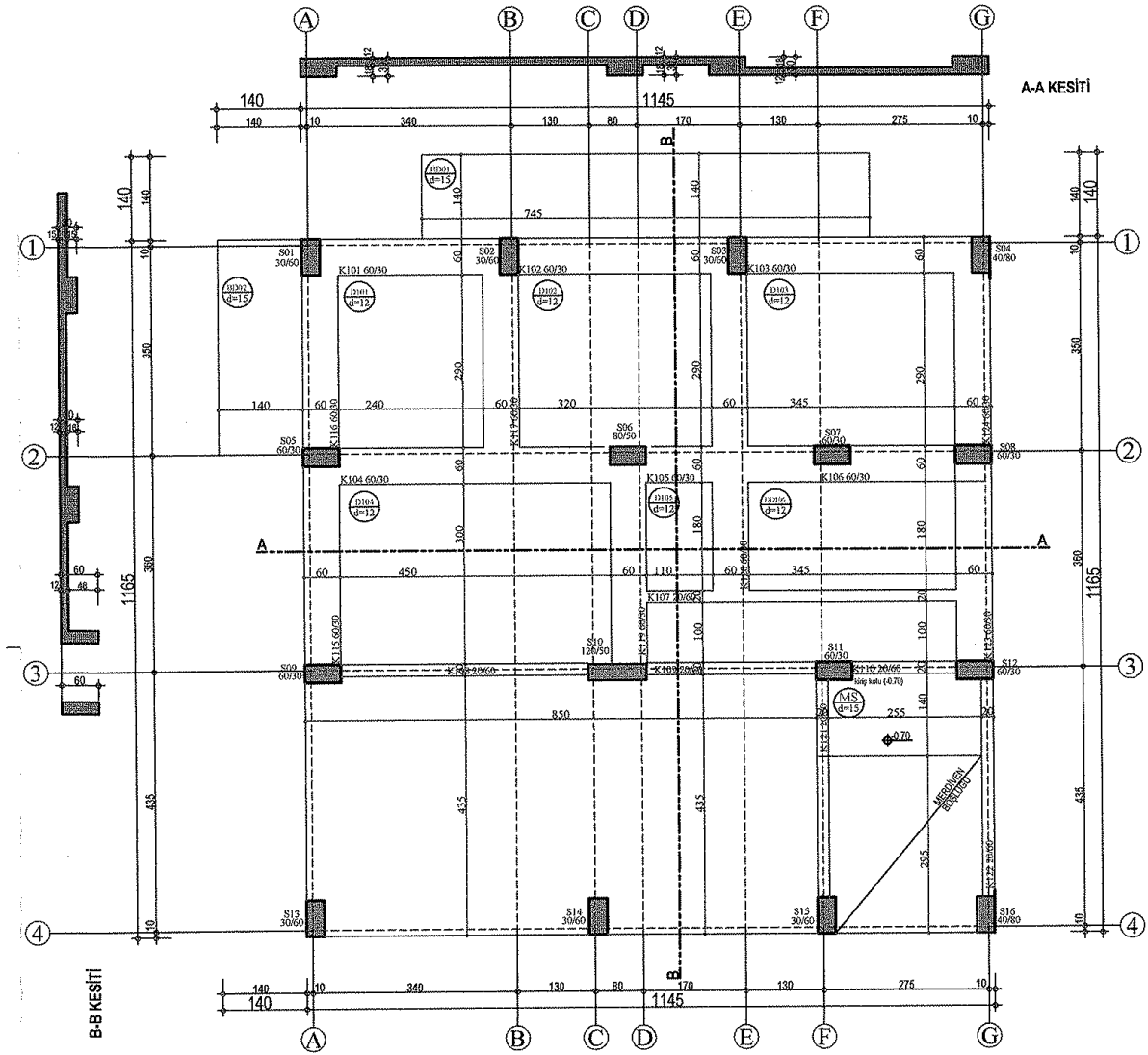
Yapının modellenmesi ve analiz uygulamaları bilgisayar paket programı olan İdeCad 5 Enterprise 5.510 versiyonuna göre yapılmıştır.

5.2. Genel Bilgiler

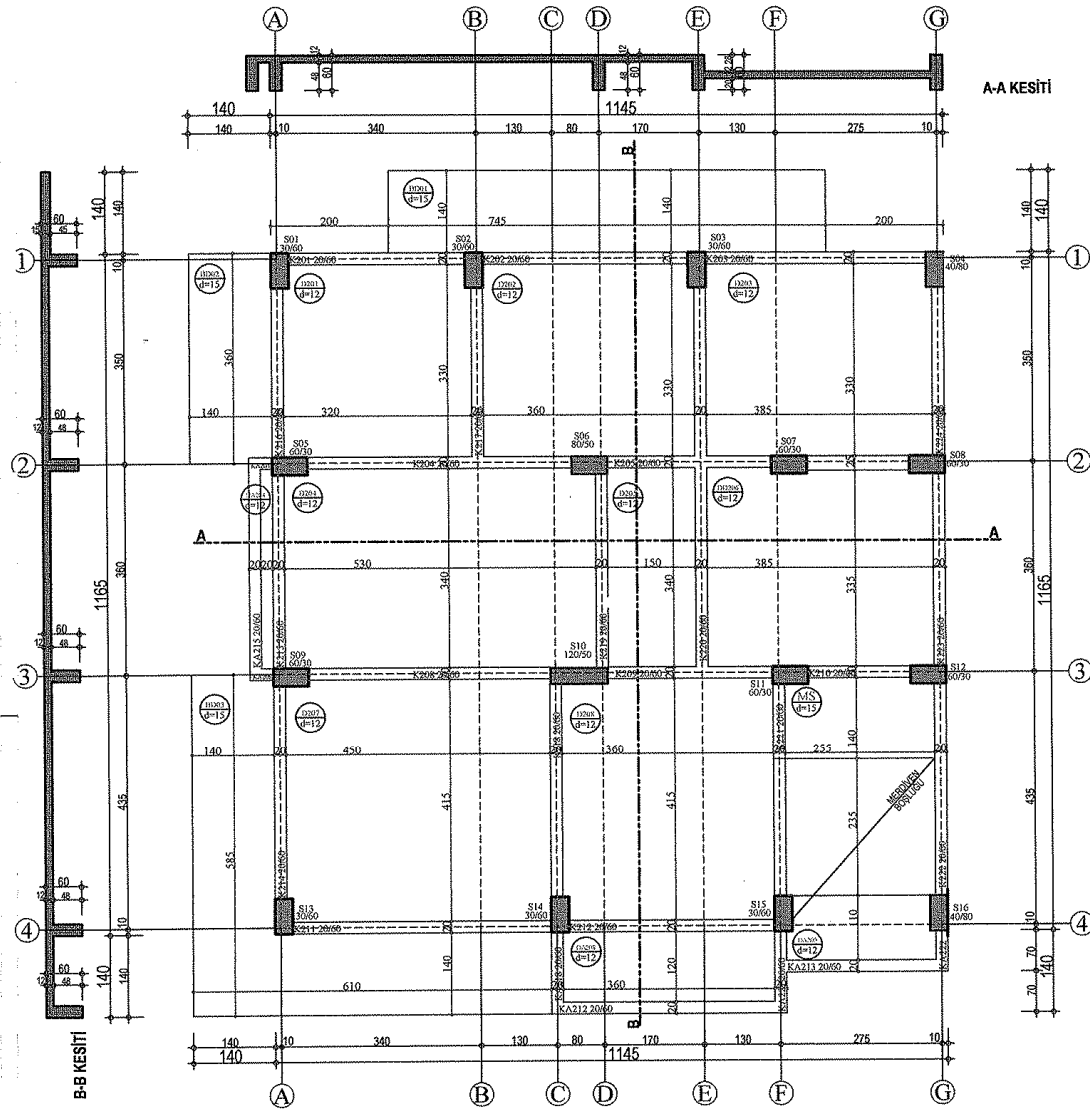
Mevcut yapının analizinde kullanılan genel bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

- Yapı kat sayısı = Bodrum Katı + 3 Normal kat
- Kat yüksekliği (h) : 1,80m (Bodrum kat), 2,80m (normal kat)
- Yapının X doğrultusundaki toplam uzunluğu = 11,45m
- Yapının Y doğrultusundaki toplam uzunluğu = 11,65m
- Deprem bölgesi = 1. Bölge
- Etkin yer ivmesi (A_0) = 0.40
- Hesaplarda göz önüne alınacak deprem türü = Tasarım depremi
- Hareketli yük katılım katsayısı (n) = 0.30
- Bina önem katsayısı (I) = 1.0
- Yerel zemin sınıfı = Z4
- Zemin emniyet gerilmesi = 7.60 t/m²
- Zemin yatak katsayısı = 2000 t/m³
- Spektrum karakteristik periyotları : $T_A = 0.20$ sn, $T_B = 0.90$ sn
- Mevcut yapı taşıyıcı sistem davranış katsayısı : R= 4
- Mevcut yapıda kullanılan beton sınıfı = BS 16
- Mevcut yapıda kullanılan çelik sınıfı = BÇ I
- Döşeme türü = Plak
- Döşeme kalınlığı = 0.12m-0.15m

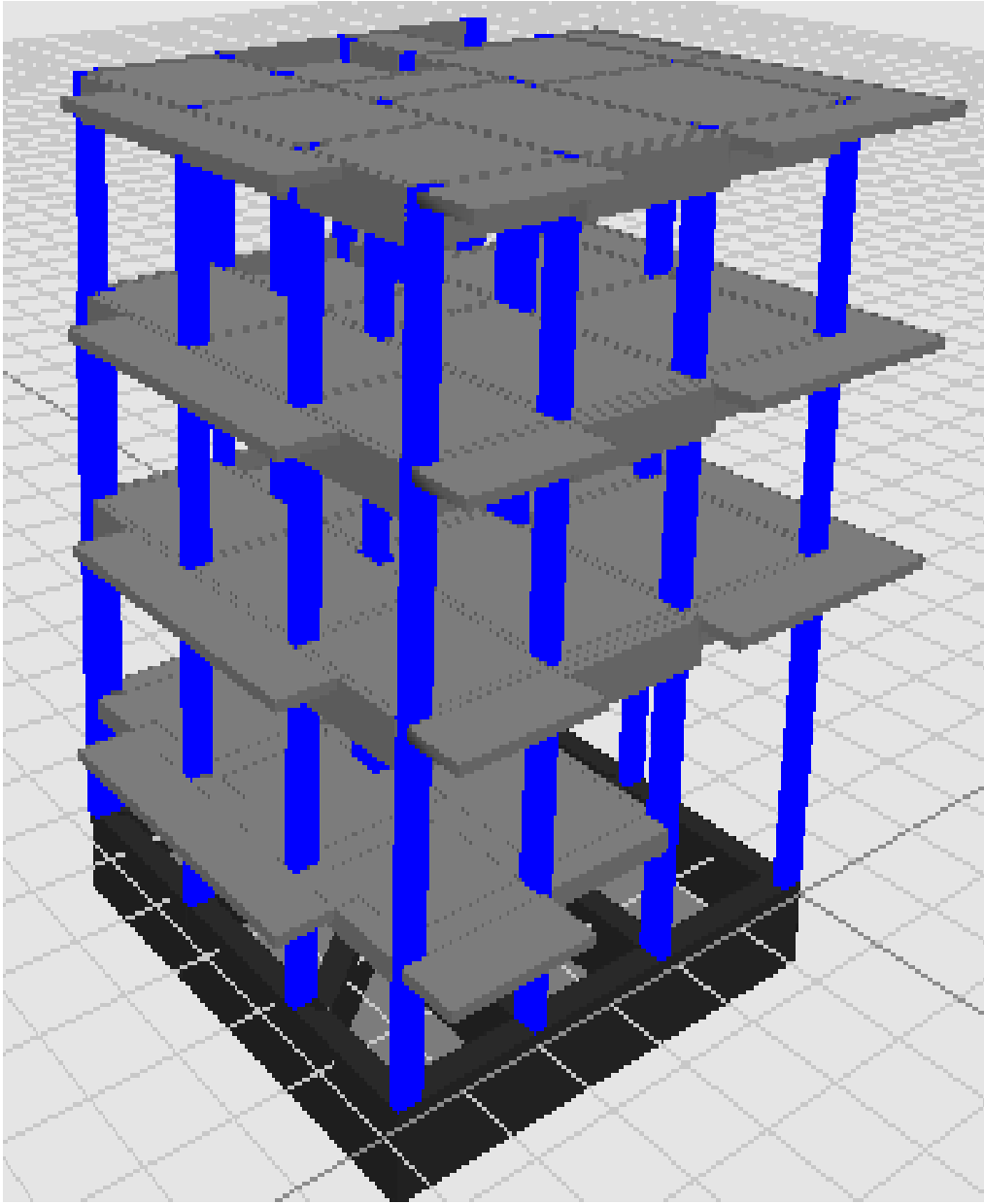
Yapının tanıtılması açısından yapıya ait kat kalıp planları Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Mevcut yapıya ait Plan (Bodrum Katı Planı)



Şekil 5.2. Mevcut yapıya ait Normal kat Planları

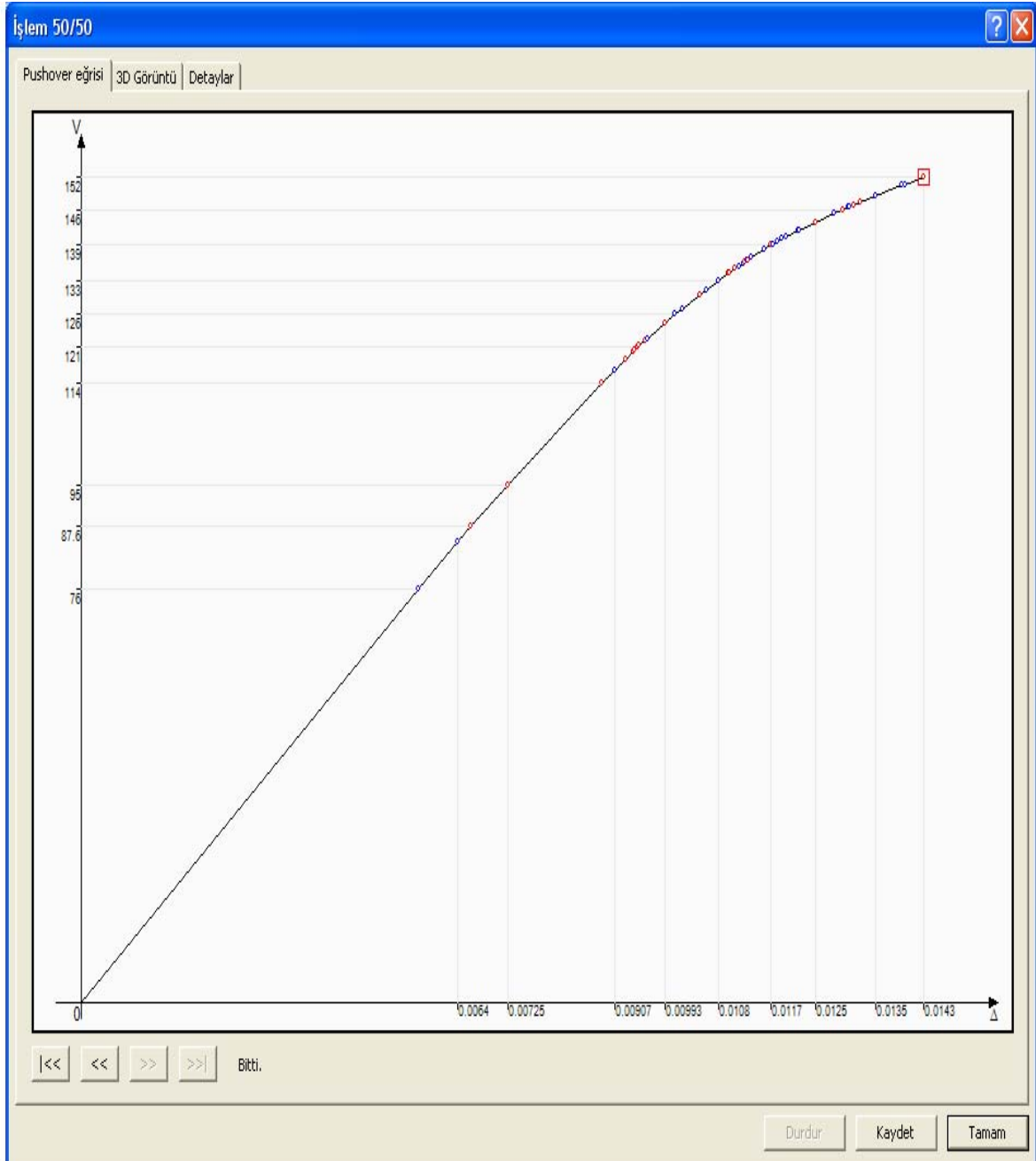


Şekil 5.3. Mevcut yapıya ait 3 boyutlu görünüşü

5.3. Sayısal Çözümler

Mevcut bodrum üzeri + 3 katlı binanın ilk olarak mevcut malzeme özellikleri ve donatısı ile 2007 TDY göre performans seviyesi belirlenecek, ikinci olarak yapı mimari özelliklerini koruyarak, 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinin şart ve gereklerine uygun olarak yeniden yapılması halindeki performans seviyesi belirlenecek, üçüncü olarak Yapı 2007 Türk Deprem Yönetmeliğinin şart ve gereklerine uygun olarak bir katının alınması yani bodrum üzeri + 2 katlı yapılması halindeki performans seviyesi belirlenecek, son olarakta Yapının, mevcut kesit, mevcut malzeme özellikleri ve donatısı ile 2007 Türk Deprem Yönetmeliğine göre ilave perdeler ile güçlendirme yapılarak, performans seviyesi belirlenecektir.4 durumun performans seviyeleri karşılaştırılacak ve en uygun çözüm yolu seçilecektir.

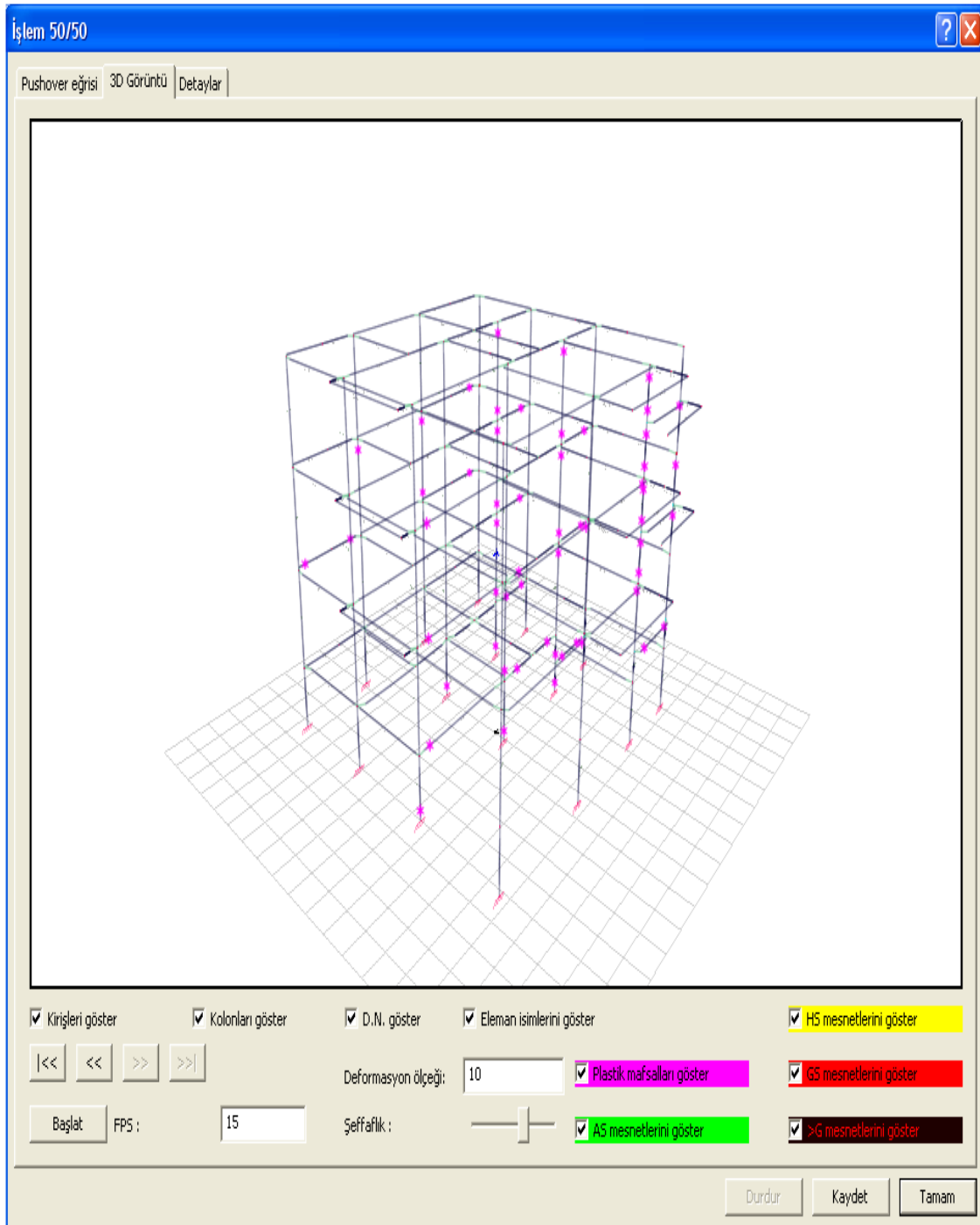
a) Yapı, mevcut kesit, mevcut malzeme özellikleri ve donatısı ile 2007 Türk Deprem Yönetmeliğine göre performans seviyesi, yapının $+E(x)$, $-E(x)$, $+E(y)$, $-E(y)$ yönleri için göçme analizleri bulunmuştur. Yapılan statik itme analizi sonucunda yapının göçme durumundaki taban kesme kuvveti (V) ve çatı yer değiştirmesi (Δ) de bulunmuştur. Taban kesme kuvveti ile çatı deplasmanı arasındaki ilişki Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



Şekil 5.4. B+3 katlı yapının Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi)

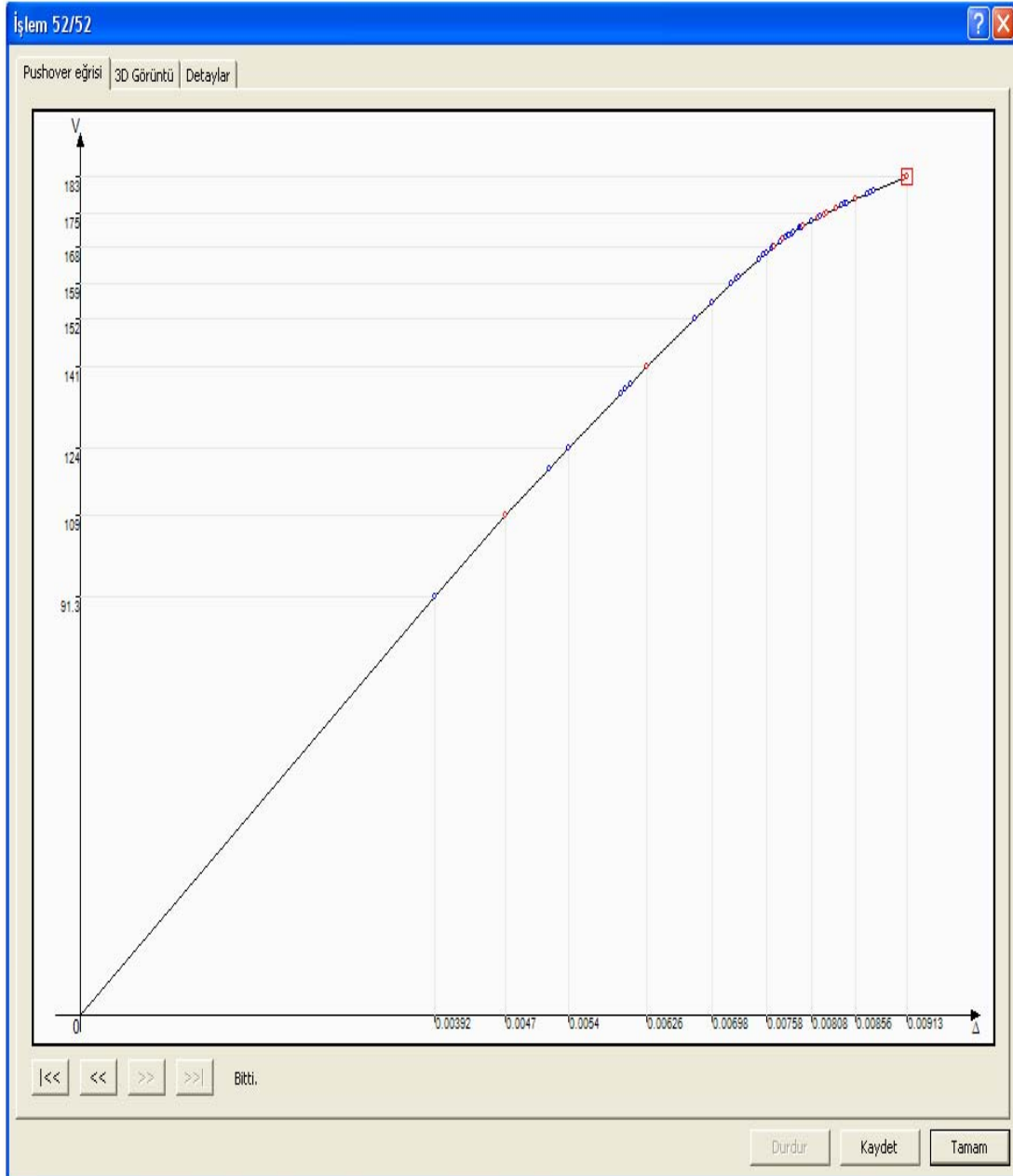
Yapının göçme yükü $V_{göçme} = 152,513$ ton, bu göçme yükü sonucu oluşan çatı deplasmanı $\delta_{çatı} = 0,0143$ m'dir. Yapının performans seviyesi (LS - CP) göçme durumu performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

Statik itme analizi sonucunda +E(x) yönünde yapıda, 4 tane kiriş elemanı, 36 tane kolon elemanı hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO), 69 tane kiriş elemanı, 24 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 35 tane kiriş elemanı, 3 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. -E(x) yönünde yapıda, 3 tane kiriş elemanı, 38 tane kolon elemanı hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO), 65 tane kiriş elemanı, 22 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 40 tane kiriş elemanı, 3 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. +E(y) yönünde yapıda, 6 tane kiriş elemanı, 40 tane kolon elemanı hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO), 73 tane kiriş elemanı, 18 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 29 tane kiriş elemanı, 5 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. -E(y) yönünde yapıda, 3 tane kiriş elemanı, 36 tane kolon elemanı hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO), 59 tane kiriş elemanı, 19 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 46 tane kiriş elemanı, 8 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. Plastik mafsalların yerleri Şekil 5.5'de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Mevcut kesit, mevcut malzeme özellikleri ve mevcut donatılı yapının 2007 TDY göre yapıda geçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri

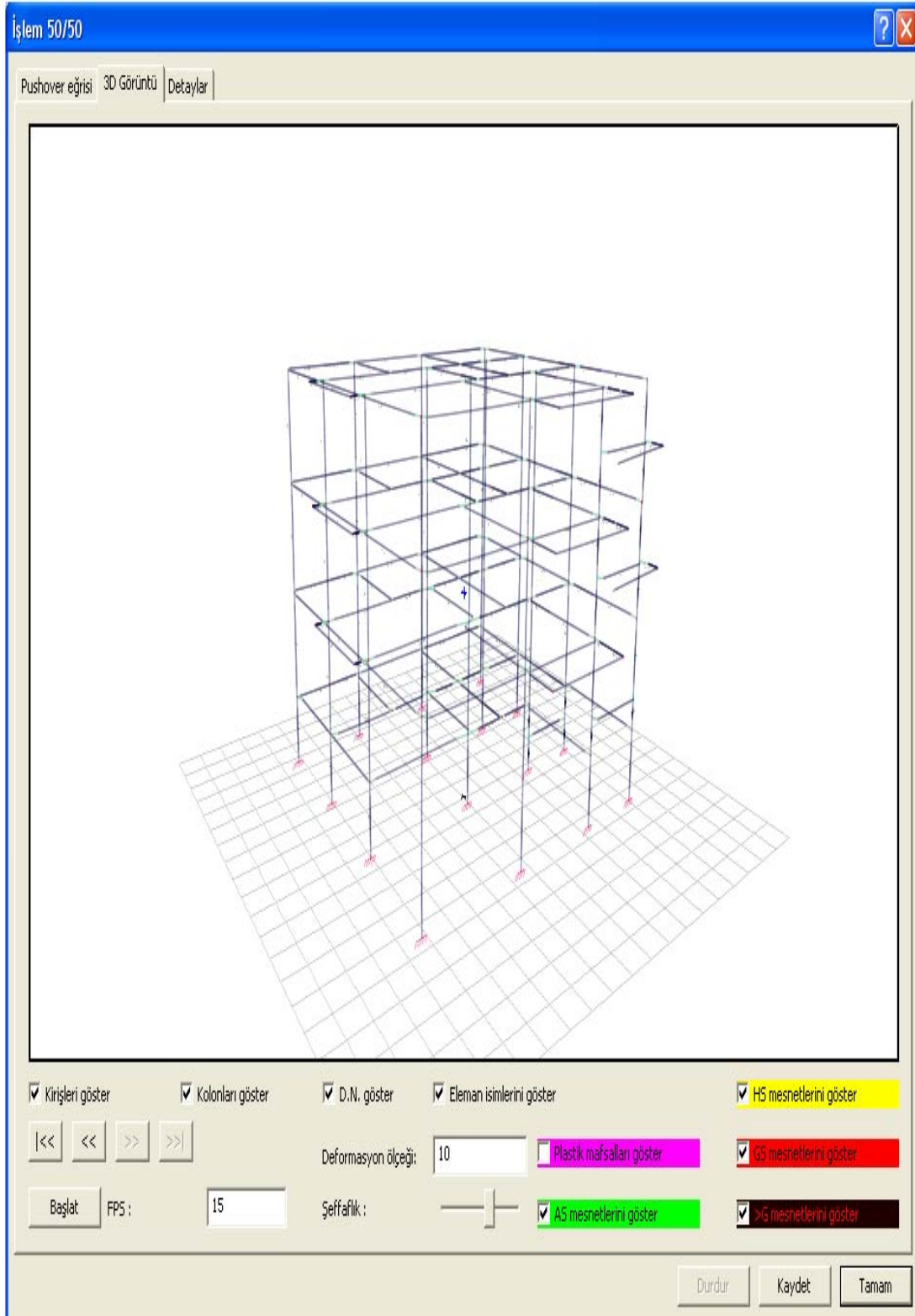
b) Yapının mimari özelliklerini koruyarak, 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerinin şart ve gereklerine uygun olarak yeniden yapılması halindeki performans seviyesi, yapının $+E(x)$, $-E(x)$, $+E(y)$, $-E(y)$ yönleri için göçme analizleri bulunmuştur. Yapılan statik itme analizi sonucunda yapının göçme durumundaki taban kesme kuvveti (V) ve çatı yer değiştirmesi (Δ) de bulunmuştur. Taban kesme kuvveti ile çatı deplasmanı arasındaki ilişki Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6. B+3 katlı yapının Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi)

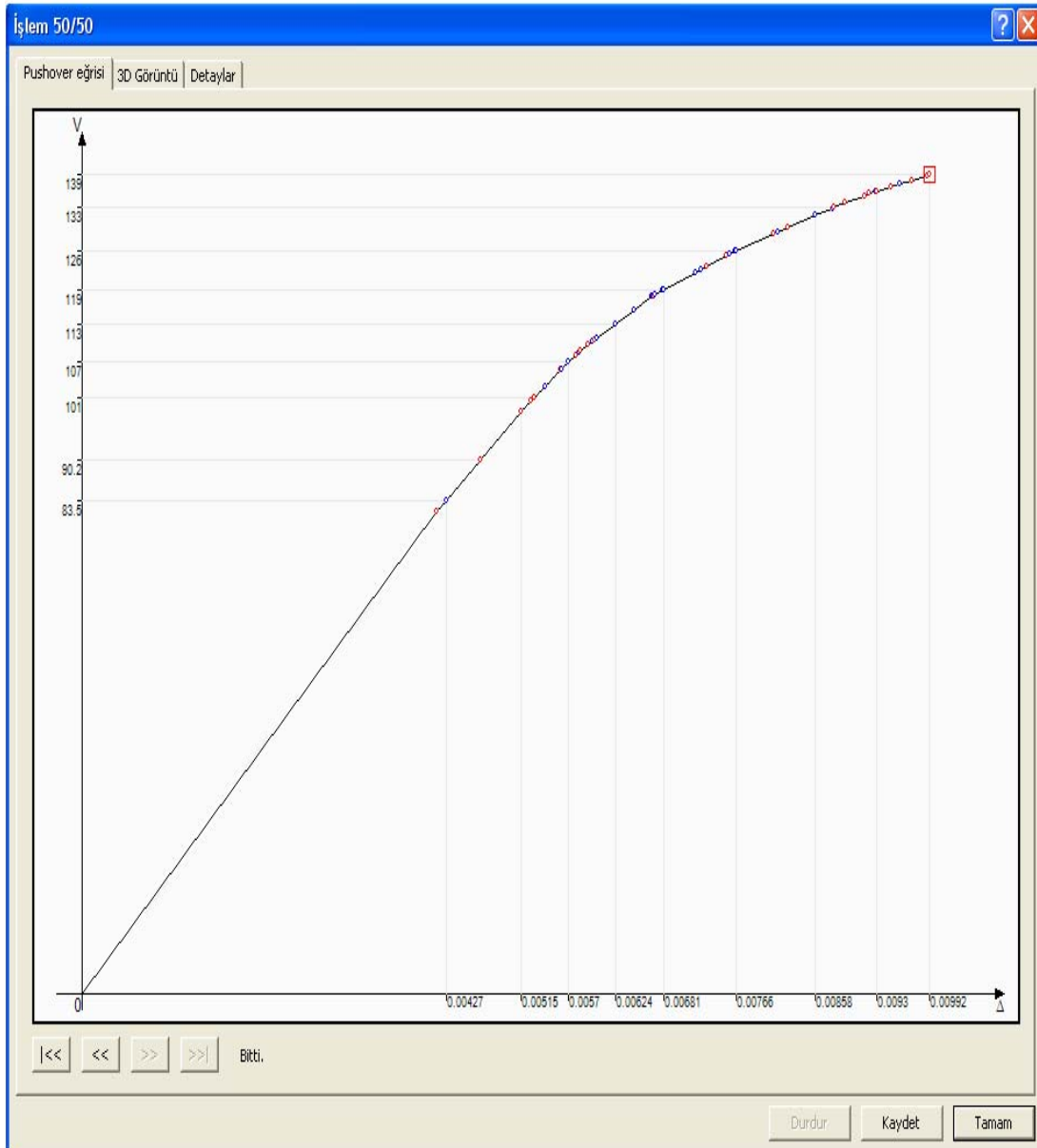
Yapının göçme yükü $V_{göçme} = 183,112$ ton, bu göçme yükü sonucu oluşan çatı deplasmanı $\delta_{çatı} = 0,091$ m'dir. Yapının performans seviyesi hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) çıkmıştır.

Statik itme analizi sonucunda +E(x) yönünde yapıda, hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) plastik mafsall oluşmamıştır, 77 tane kiriş elemanı, 50 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 33 tane kiriş elemanı, 23 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. -E(x) yönünde yapıda, hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) plastik mafsall oluşmamıştır, 65 tane kiriş elemanı, 40 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 45 tane kiriş elemanı, 23 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. +E(y) yönünde yapıda, hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) plastik mafsall oluşmamıştır, 73 tane kiriş elemanı, 35 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 37 tane kiriş elemanı, 28 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. -E(y) yönünde yapıda hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) plastik mafsall oluşmamıştır, 59 tane kiriş elemanı, 35 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 51 tane kiriş elemanı, 28 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. Plastik mafsalların yerleri Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. 2007 TDY göre yeniden boyutlandırılan yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri

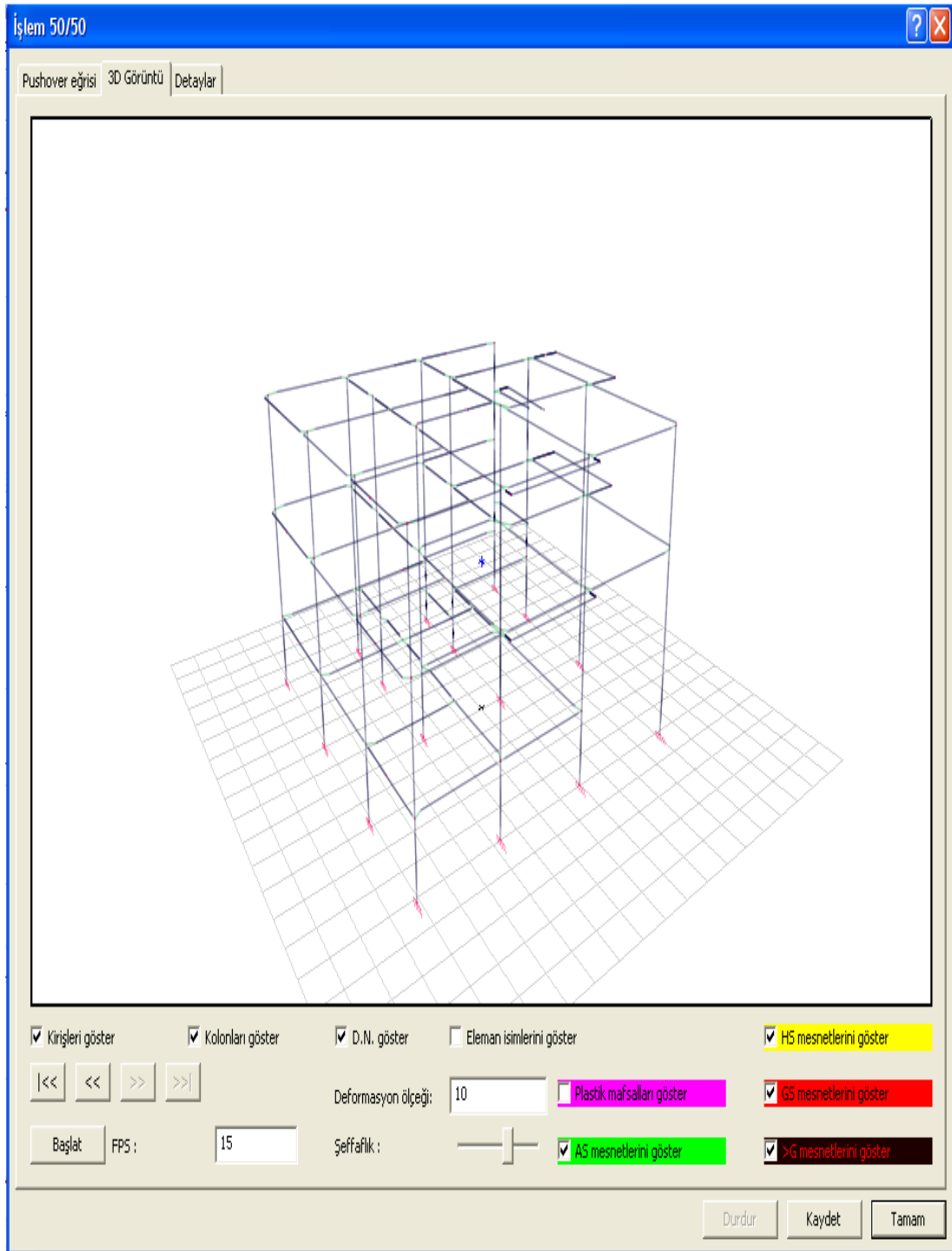
c) Yapı 2007 Türk Deprem Yönetmeliğin şart ve gereklerine uygun olarak, iki katlı olarak yeniden yapılması halindeki performans seviyesi, yapının $+E(x)$, $-E(x)$, $+E(y)$, $-E(y)$ yönleri için göçme analizleri bulunmuştur. Yapılan statik itme analizi sonucunda yapının göçme durumundaki taban kesme kuvveti (V) ve çatı yer değiştirmesi (Δ) de bulunmuştur. Taban kesme kuvveti ile çatı deplasmanı arasındaki ilişki Şekil 5.8’de gösterilmiştir.



Şekil 5.8. B+2 katlı yapının Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi)

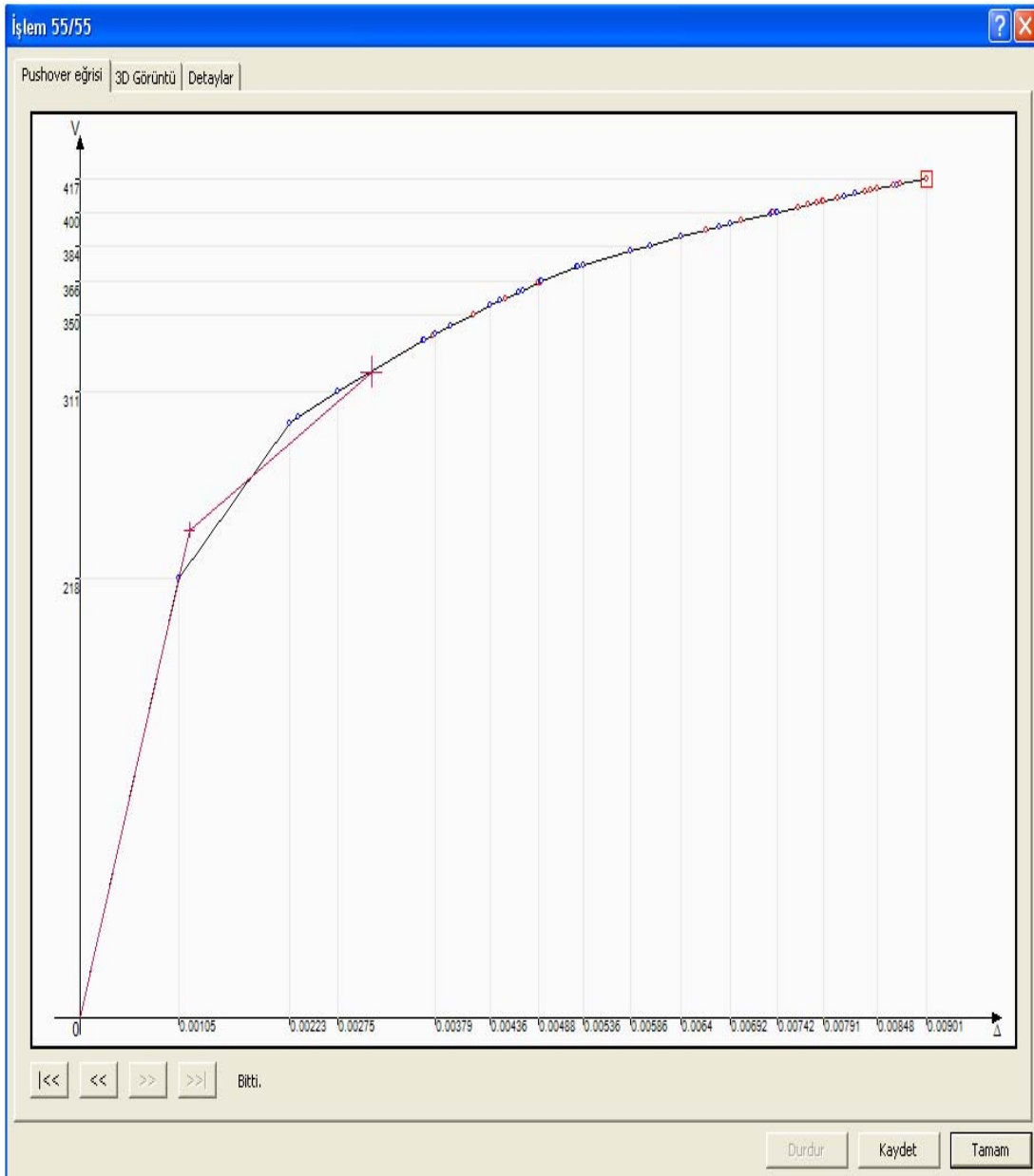
Yapının göçme yükü $V_{göçme} = 139,234$ ton, bu göçme yükü sonucu oluşan çatı deplasmanı $\delta_{çatı} = 0,00992$ m'dir. Yapının performans seviyesi hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) çıkmıştır.

Statik itme analizi sonucunda +E(x) yönünde yapıda, hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) plastik mafsall oluşmamıştır, 87 tane kiriş elemanı, 60 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 23 tane kiriş elemanı, 13 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. -E(x) yönünde yapıda, hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) plastik mafsall oluşmamıştır, 85 tane kiriş elemanı, 60 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 25 tane kiriş elemanı, 3 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. +E(y) yönünde yapıda, hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) plastik mafsall oluşmamıştır, 93 tane kiriş elemanı, 45 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 17 tane kiriş elemanı, 18 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. -E(y) yönünde yapıda hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) plastik mafsall oluşmamıştır, 89 tane kiriş elemanı, 45 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 21 tane kiriş elemanı, 8 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. Plastik mafsalların yerleri Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. B+2 katlı yapının 2007 TDY göre yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri

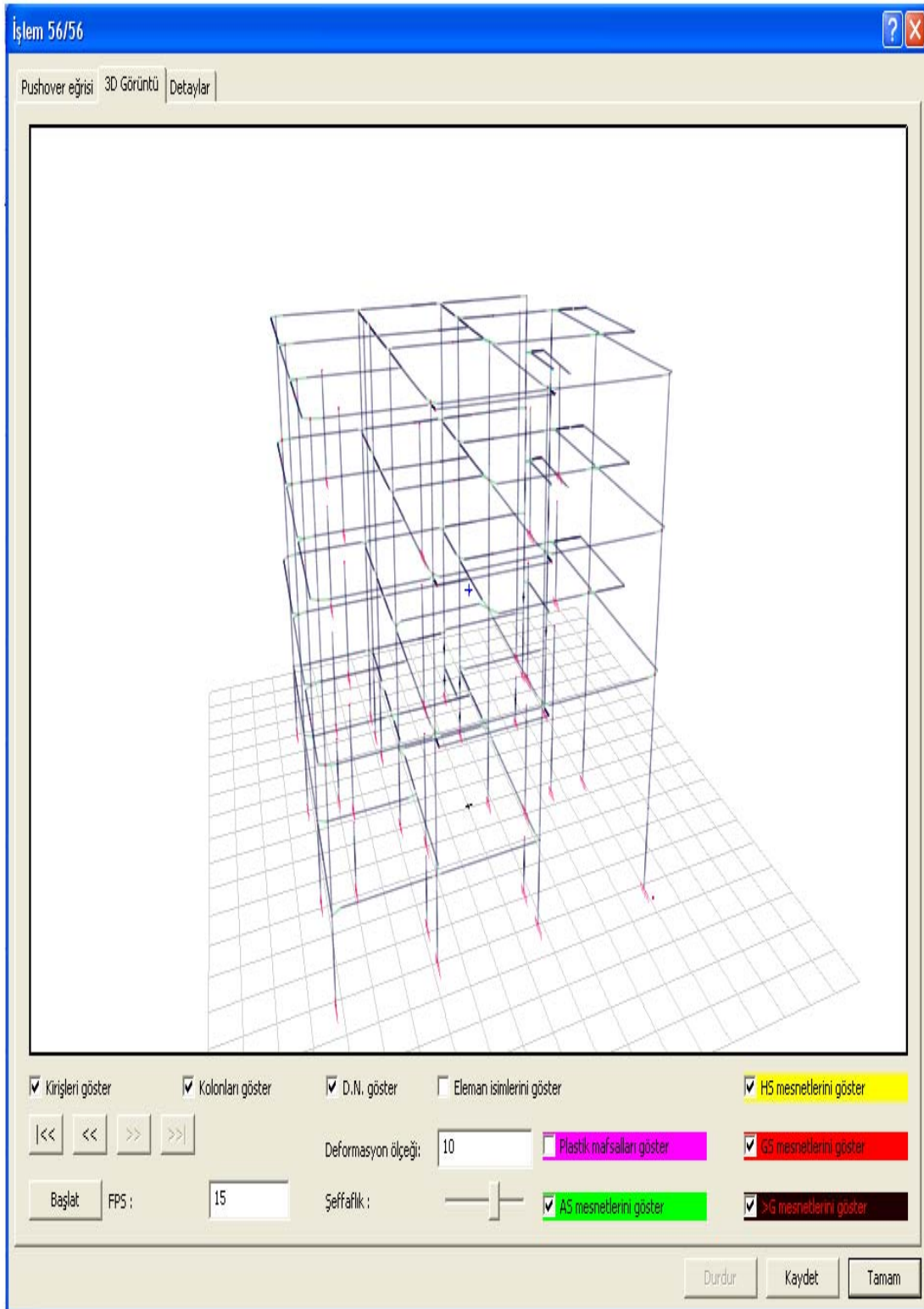
d) Yapının, mevcut kesit, mevcut malzeme özellikleri ve donatısı ile 2007 Türk Deprem Yönetmeliğine göre ilave perdeler ile güçlendirme yapılarak, performans seviyesi, yapının $+E(x)$, $-E(x)$, $+E(y)$, $-E(y)$ yönleri için göçme analizleri bulunmuştur. Yapılan statik itme analizi sonucunda yapının göçme durumundaki taban kesme kuvveti (V) ve çatı yer değiştirmesi (Δ) de bulunmuştur. Taban kesme kuvveti ile çatı deplasmanı arasındaki ilişki Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.10. B+3 katlı yapının 2007 TDY göre perdeler ile güçlendirilmiş yapının Taban kesme kuvveti – Yer değiştirme diyagramı (Pushover Eğrisi)

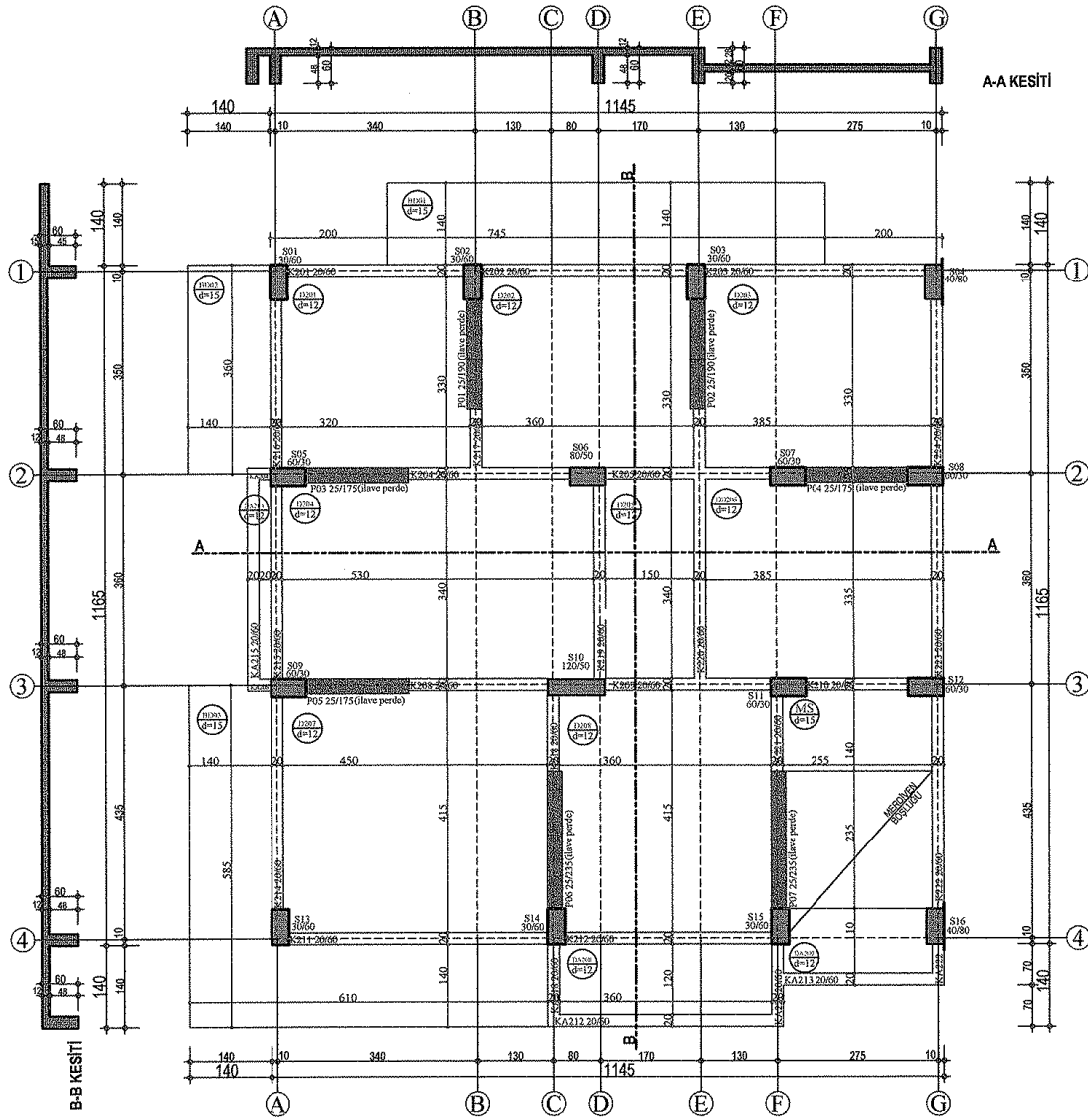
Yapının göçme yükü $V_{göçme} = 418,721$ ton, bu göçme yükü sonucu oluşan çatı deplasmanı $\delta_{çatı} = 0,0092$ m'dir. Yapının performans seviyesi hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) çıkmıştır.

Statik itme analizi sonucunda +E(x) yönünde yapıda, hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) plastik mafsall oluşmamıştır, 82 tane kiriş elemanı, 55 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 28 tane kiriş elemanı, 18 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. -E(x) yönünde yapıda, hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) plastik mafsall oluşmamıştır, 80 tane kiriş elemanı, 55 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 30 tane kiriş elemanı, 8 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. +E(y) yönünde yapıda, hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) plastik mafsall oluşmamıştır, 88 tane kiriş elemanı, 40 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 22 tane kiriş elemanı, 23 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. -E(y) yönünde yapıda hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) plastik mafsall oluşmamıştır, 94 tane kiriş elemanı, 40 tane kolon elemanı hasar kontrol aralığında (IO - LS), 16 tane kiriş elemanı, 13 tane kolon elemanı sınırlı güvenlik aralığında (LS - CP) plastik mafsallar oluşarak yapı göçme durumuna ulaşmıştır. Plastik mafsalların yerleri Şekil 5.11'de gösterilmiştir.



Şekil 5.11. 2007 TDY göre perdeler ile güçlendirilmiş yapıda göçme durumunda oluşan plastik mafsalların yerleri

Güçlendirme çalışmasında yapının taban alanının %1 kadar X ve Y yönlerine konulan perdelerin kalıp planındaki yerleri Şekil 5.12’de gösterilmiştir.



Şekil 5.12. 2007 TDY göre perdeler ile güçlendirilmiş binanın planı

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Adapazarı ilçesinde 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilip inşa edilmiş mevcut bir betonarme yapının deprem güvenliğinin kontrolü statik itme analizi (Pushover) yöntemiyle yapılmıştır. Bu çalışmada ilk olarak mevcut yapının taşıyıcı sisteminin tasarımında ve boyutlandırılmasında herhangi bir değişiklik yapılmadan 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerine (TDY) göre, yapının karşılayabileceği taban kesme kuvvetinin tasarım depremi sonucu oluşacak kuvvete oranını veren göçme yük parametresi ($P_{gç}$) ve yapının performans noktası elde edilmiştir.

Mevcut yapının taşıyıcı sisteminin tasarımında ve boyutlandırılmasında herhangi bir değişiklik yapılmadan 2007 TDY göre analiz yapılmasının nedeni, yapı doğru projelendirilmiş bile olsa statik itme analizi sonucunda günümüz kriterlerine göre istenilen değerlere ulaşip ulaşamayacağını kontrol etmektir.

Yapının 2007 TDY göre performans seviyesi (LS - CP) göçme durumu performans seviyesi olarak belirlenmiştir. Bu analiz sonucu gösteriyor ki yapı, 2007 TDY’de yaklaşık olarak belirlenmiş olan hasar kontrolü performans aralığına düşmemiştir, yani yapı mevcut haliyle 2007 TDY uygun değildir. Bu da bize 1975- 1998 TDY göre projelendirilip inşa edilmiş yapıların deprem güvenliklerinin kontrol edilmesi gerektiğini göstermektedir.

İkinci olarak yapı 2007 Türk Deprem Yönetmeliğin şart ve gereklerine uygun olarak ve mimari özellikleri korunarak yeniden tasarlanıp boyutlandırılmıştır. Üçüncü olarak yapı mevcut imar durumuna göre 1 katı alındıktan sonra yani bodrum üzeri iki katlı olarak da tasarlanıp boyutlandırılmıştır.

2007 TDY şart ve gereklerine uygun olarak ve mimari özellikleri korunarak yapı yeniden tasarlanıp boyutlandırıldığında performans seviyesi, hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) çıkmıştır. Mevcut yapı yıkılıp yerine mimari özellikleri korunarak yeni yapı yapıldığında, performans seviyesi (LS - CP) göçme durumu performans seviyesi aralığından, hemen kullanım performans seviyesine (B - IO) yükseldiği gözükmemektedir. Bu performans farkındaki en önemli etken de yeni yapıda beton ve donatı sınıfının yüksek olmasıdır. Özellikle donatı sınıfının artmasının performans seviyesine etkisi daha büyük olmaktadır. Mevcut yapı yıkılıp yerine mimari özellikleri korunarak yeni yapı yapıldığında performans seviyesi 2007 TDY uygun hale gelmektedir.

Mevcut yapı mimari özellikleri korunarak 1 katı alınıp bodrum üzeri iki katlı olarak yeniden tasarlanıp boyutlandırıldığında performans seviyesi (B - IO) hemen kullanım performans seviyesi olarak belirlenmiştir. Bu durumda gösteriyor ki yapı bodrum üstü iki katlı yapıldığında, bodrum üstü 3 katlı yapıya göre daha iyi bir performans göstermiştir ve yapı bu haliyle 2007 TDY göre uygundur.

Mevcut yapının 2007 TDY göre kesitlerde, malzeme özelliklerinde ve donatısında değişiklik yapılmadan yapılan analiz sonucunda yapı Yapının performans seviyesi (LS - CP) göçme durumu performans seviyesi olarak çıkmıştı. Bu durum 2007 TDY uygun değildir. Yapıyı yönetmeliğe uygun bir performans seviyesine getirebilmek için ya yıkıp yeniden yapılmalı yada 1 katı alınmalıdır.

Mevcut bodrum üzeri 3 katlı yapıda yapılan 3 performans değerlendirmesine göre, 2007 TDY göre uygun olmayan binada kat alımı yapıldığı takdirde işçilik maliyetleri ve çıkan molozların atıkları göz önüne alınmıştır. Ayrıca Bina yeniden yapılması halinde 250 m³ beton ve 25 ton demir kullanılması gerekmektedir. Buda bize aşırı maliyet kaybını göstermektedir.

Mevcut bodrum üzeri 3 katlı yapıda yapılan son performans kriterine göre güçlendirme çalışması yapılmıştır. Yapıda yapılan güçlendirme çalışmasında, yapıya X ve Y yönlerinde taban alanının %1 kadar perdeler ilave edilmiştir. Güçlendirme

sonunda yapının performans seviyesi hemen kullanım performans seviyesinde (B - IO) çıkmıştır. Böylelikle yapı güçlendirilerek 2007 TDY uygun hale getirilebilmiştir. Mevcut yapıdaki güçlendirme çalışmasında, 30 m³ beton ve 3 ton civarında demir kullanılmıştır.

Mevcut yapıda yapılan bu 4 performans değerlendirmesine göre mevcut yapıya güçlendirme yapılması en doğru çözüm yolu olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu verilerin ışığında statik itme yöntemi, yapıların deprem yükleri altındaki gerçek davranışını anlamamıza ve buna bağlı olarak mevcut yapıların güvenliğinin artırılmasında veya yeni yapılar için güvenlik seviyesinin saptanmasında önemli bir analiz yöntemi olduğu açıktır.

KAYNAKLAR

- [1] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 06 Mayıs 2007.
- [2] EROL, O., “Planda Düzensiz Yapıların Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi”, Lisans Üstü Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- [3] AĞCAKOCA, M., “Burulma Modu Etkin Olan Yapıların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı” ,Lisans Üstü Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- [4] CELEP, Z., KUMBASAR, N., “Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı” , İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul, 2004.
- [5] DARCAN, C., “Mevcut Betonarme Binaların Performans Kriterlerine Göre Hesabı” ,Lisans Üstü Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2005.
- [6] MERMER, S., “Mevcut Bir Yapının Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Performans Değerlendirmesi”, Lisans Üstü Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2007.
- [7] ÖZER, E., “Betonarme Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi İçin Bir Yaklaşım”, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul, 2005.
- [8] AYDINOĞLU, N., “DBYBHY-2007 Kapsamında Depreme Dayanıklı Tasarımın Genel İlkeleri”, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul, 2006
- [9] KUTANİS, M., “Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı1”, İMO Sakarya Şubesi Sayı 3, Sakarya, Eylül 2007.
- [10] CELEP, Z., “Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme–Deprem Yönetmeliği 2007 Kavramları”, Beta Dağıtım, İstanbul, 2007.
- [11] SUCUOĞLU, H., “2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Değerlendirmesi”, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 444-445 , 2006/4-5, Ankara , 2006.

- [12] KUTANİS, M., “Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı 2”, İMO Sakarya Şubesi Sayı 4, Sakarya, Aralık 2007.
- [13] GÜLKAN, P., SÖZEN, M., “Inelastic Response of Reinforced Concrete Structures to Earthquake Motions.”, pp.604-610, ACI Journal, 1974.
- [14] FREEMAN , S.A., “Performance Based Earthquake Engineering During the Last 40 Years, Earthquake Engineering: Essential and Applications Workshops, EERC METU, Ankara, July 2005.
- [15] KUTANİS, M. “Statik İtme Yöntemlerinin Performansının Değerlendirilmesi”, YOGS, Pamukkale / DENİZLİ, 7-8 Aralık 2006.
- [16] İdecad 5 Enterprise 5.510 Versiyonu Kullanma Kılavuzu, İstanbul, 2007
- [17] TS-500, “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 22 Şubat, 2000.

ÖZGEÇMİŞ

Ali Bozan, 07.11.1979 'da Sakarya' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. Lisans eğitimine 1997-1998 eğitim yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde başladı. 2001-2002 eğitim yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bölümünden bahar yarı yılında mezun oldu. 2002-2003 eğitim yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı.